

Död ved i vattendrag och kantzon, Blå målklassning och NPK+

- En studie av förhållandena på Villingsbergs skjutfält

Woody debris in streams and riparian zone, Blue targets and BIS+
- A study of the conditions at the Military firing range of Villingsberg



Vattendrag utan namn av strömmordning 2, Villingsbergs skjutfält

Julia Ingelmark



Examensarbeten

2015:3

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Död ved i vattendrag och kantzon, Blå målklassning och NPK+

- En studie av förhållandena på Villingsbergs skjutfält

Woody debris in streams and riparian zone, Blue targets and BIS+

- *A study of the conditions at the Military firing range of Villingsberg*

Julia Ingelmark

Nyckelord / Keywords:

Död ved, skogliga vattendrag, kantzon, skjutfält, vattenplanering, Blå målklassning, NPK+ /
Woody debris, forest streams, riparian zone, Military firing range, water planning, blue targets, BIS+

ISSN 1654-1898

Umeå 2015

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*

EX0770, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Johan Törnblom

SLU, Skogsmästaraskolan / *SLU, School for Forest Management*

Extern handledare / *External supervisor*: Bo Larsson

Fortifikationsverket / *Swedish Fortifications Agency*

Examinator / *Examiner*: Anneli Ågren

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Förord

Denna studie har utarbetats inom ramen för ett examensarbete på D-nivå omfattande 30 hp på jägmästarprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Studien var en fördjupning inom ämnet skogshushållning vid institutionen för Skogens ekologi och skötsel i Umeå. Uppdragsgivare och värd för studien är Fortifikationsverket.

Jag vill framföra ett stort tack till min handledare Johan Törnblom som genom sitt stöd, osvikliga engagemang och utmärkta handledning har hjälpt mig att genomföra denna studie. Jag vill också rikta ett stort tack till Bo Larsson på Fortifikationsverket för möjligheten att genomföra denna studie och för hans engagemang, uppmuntran och utomordentliga handledning. Jag vill även tacka Oscar Gustafsson för diverse hjälp vid framtagande av kartor, Liza Edlund för hennes nedlagda tid och värdefulla kommentarer, Jenny Tjernlund för hennes stora engagemang och uppmuntran under arbetets gång samt Rikard Engdahl Wevel för givande diskussion och stöttning. Dessutom vill jag rikta ett stort tack till min familj för värdefulla kommentarer, nedlagd tid och för all stöttning och uppmuntran längs vägen. Slutligen vill jag tacka alla nära och kära som gett mig tips och råd, stöttat och uppmuntrat mig i vått och torrt under arbetets gång.

Julia Ingelmark

Umeå 2015

Sammanfattning

Idag pågår projekt med ambitioner att förbättra vattenhänsynen i skogsbruket för att uppfylla de svenska miljömålen och vattendirektivet 2000/60/EG. Sveriges skogsbrukshistoria har inneburit en allt mindre tillförsel av död ved till vattendrag. Dessa vedbitar fyller många olika funktioner i vatten då de exempelvis skapar habitat för många arter och medför ett mer varierat vattendrag. Denna studie är genomförd på Villingsbergs skjutfält, vilket förvaltas av Fortifikationsverket, och syftar till att ta reda på:

- 1) volym och antal (LWD, eng. *large woody debris*) grov död ved i vattendrag och kantzoner samt om volymen död ved varierar mellan olika strömordningar,
- 2) död ved fördelad på nedbrytningsklasser i vattendrag och kantzoner,
- 3) om den genomsnittliga dimensionen på död ved varierar mellan kantzoner och vattendrag,
- 4) beståndstyp i Fortifikationsverkets kantzoner jämfört med riksgenomsnittet, och
- 5) vilka styrkor, möjligheter, svagheter och risker verktygen blå målklassning och NPK+ har.

Resultatet från studien visar på en 5-9 gånger högre volym LWD i vattendrag jämfört med i kantzoner och 10-18 gånger högre antal LWD i vattendrag än i kantzoner. Däremot kunde ingen större skillnad i volym LWD urskiljas mellan strömordningarna i kantzon medan volymen LWD i vattendrag uppvisade en lite större skillnad mellan strömordning 2 och 3. Volymen LWD i kantzoner i denna studie tenderade att minska med ökande nedbrytningsklass medan för LWD i vattendrag kunde det mönstret endast ses för strömordning 2. För såväl kantzon som vattendrag var gran det dominerande trädslaget i alla nedbrytningsklasser. Den genomsnittliga volymen för en LWD var 100 % högre i kantzon än i vattendrag, för längd och diameter var motsvarande siffra drygt 95 % respektive 16 %. Granskog dominerade i kantzon vilket var drygt 21 procentenheter högre än riksgenomsnittet där tallskog var vanligast förekommande. Resultaten av genomsnittlig LWD i kantzon och vattendrag tyder på att för att naturligt skapa grov död ved i vattendrag behöver träd lämnas i kantzoner för att bli grova och gamla. Dessutom skulle åtgärder med ambitionen att öka artrikedomen och fisk i vattendragen kunna genomföras på Villingsbergs skjutfält genom att öka mängden lövträd i de grandominerade kantzonerna.

Utvärderingen av Blå målklassning och NPK+ visar att de kan vara verktyg för att öka hänsynen till vattendrag och dess närliggande miljö samt tydliggöra skogssektorns eget ansvar för vattenfrågor. Fördelarna med dessa verktyg är främst att tydliggöra viktiga strukturer och identifiera värdefulla värden i vattendrag dess närmiljö samt att utnyttja dem som nationella standardverktyg. Den subjektiva bedömningen, osäkerheten kring rumslig skala och otydliga kategorier utan motiveringar utgör verktygens svagheter. Det finns en uppenbar risk att dessa verktyg prioriteras bort då vinstmaximering och effektivisering leder till tids-, informations- och kunskapsbrist, kombinerat med svårigheten att bryta gamla vanor.

Nyckelord: Död ved, skogliga vattendrag, kantzon, skjutfält, vattenplanering, Blå målklassning, NPK+.

Summary

Ongoing projects today have ambitions to improve the water management in forestry in order to meet the Swedish environmental objectives and the Water Framework Directive 2000/60/EG. The history of forestry in Sweden has resulted in a reduced supply of dead wood into forest streams. Woody debris in water serves many different functions, for example to provide habitat for many species and creating a more diverse stream. This study is conducted at the Military firing range of Villingsberg, which is managed by the Swedish Fortifications Agency, and aims to determine:

- 1) the volume and number large woody debris (LWD) in forest streams and riparian zones as well as if the volume of LWD varies between stream order,
- 2) LWD distributed in decay classes in streams and riparian zones,
- 3) if the average dimension of LWD varies between riparian zones and streams,
- 4) the type of stand of the riparian zone of the Swedish Fortifications Agency compared to the national average, and
- 5) the strengths, opportunities, weaknesses and risks of the tools Blue targets and BIS+.

The results of the study show a 5-9 times higher volume of LWD in streams compared to riparian zones and a 10-18 times higher number of LWD in streams than in riparian zones. No major differences in volume LWD could be identified between the stream orders in riparian zones while the volume LWD in streams showed a little difference between stream order 2 and 3. The volume of LWD in the riparian zones tends to decrease with increased decay class but for LWD in streams this pattern could only be seen for stream order 2. Spruce is the dominate tree species in all decay classes for riparian zones as well as streams. The volume of an average LWD is 100 % higher in riparian zones than in streams, for length and diameter the corresponding figure is 95 % and 16 % respectively. Spruce forests dominate in the riparian zone which is about 21 percentage points higher than the national average where pine forest is most common. The results of average LWD in riparian zone and stream suggests that in order to naturally create large woody debris in streams trees in the riparian zones needs to be left to become rough and old. In addition, processes aiming at increasing species richness and fish in the streams could be implemented at the Military firing range of Villingsberg by increasing the amount of deciduous trees in the spruce-dominated riparian zones. The evaluation of Blue targets and BIS + shows that they can be tools for increasing the consideration of streams, its surrounding environment and to clarify the forest sector's own responsibility for water issues. The advantages with these tools are primarily to clarify important structures and identify valuable properties in streams and the adjacent environment and also to create purpose for streams and to use the tools as national standard tools. The subjective assessment, the uncertainty concerned spatial scale and unclear categories without justifications constitute the weaknesses of the tools. There are obviously risks that these tools are not prioritized when profit maximization and efficiency leads to lack of time, information and knowledge, combined with the difficulty of breaking old habits.

Keywords: *Woody debris, forest streams, riparian zone, Military firing range, water planning, blue targets, BIS+*

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Politiska ambitioner.....	1
1.2 Historisk påverkan och dagens skogsbruk	1
1.3 Kantzon mot vatten	2
1.3.1 Död ved i skog.....	4
1.4 Död ved i vattendrag	5
1.4.1 Vedens betydelse i vatten	5
1.4.2 Nedbrytning.....	6
1.4.3 Stabilitet, mobilitet och kvarhållning	7
1.4.4 Volym och antal död ved	7
1.4.5 Genomsnittlig död ved	8
1.5 Blå målklassning och NPK+	9
1.6 Skjutfält	10
1.7 Syfte	11
2. Material och metoder.....	12
2.1 Inventeringslokaler.....	12
2.2 Fältinventering	12
2.3 Beräkningar och analyser	16
2.3.1 Volymfunktioner	16
2.3.2 Beräkningar	17
2.4 Komplettering av data	18
2.5 Utvärdering av Blå målklassning och NPK+	18
3. Resultat.....	19
3.1 Volym och antal LWD	19
3.2 Nedbrytning av LWD.....	21
3.3 Genomsnittlig LWD.....	22
3.4 Beståndstypsfördelning i kantzoner	23
3.5 Blå målklassning och NPK+	24
3.6 SWOT-analys av Blå målklassning och NPK+.....	24
4. Diskussion	28
4.1 Volym och antal LWD	28
4.2 Nedbrytning av LWD.....	31
4.3 Genomsnittlig LWD.....	32
4.4 Beståndstypsfördelning i kantzoner	33
4.5 Blå målklassning och NPK+	34
5. Slutsatser	36
6. Källförteckning.....	37

Bilaga 1. Terrängkarta över Villingsbergs skjutfält	I
Bilaga 2. Ortofoto över Villingsbergs skjutfält.....	II
Bilaga 3. Fältblankett för inventering av LWD.....	III
Bilaga 4. Fältblankett för inventering av vattendragsegenskaper	IV
Bilaga 5. Fältblankett för NPK+ och Blå målklassning.....	V
Bilaga 6. Resultat Blå målklassning.....	VII
Bilaga 7. Resultat NKP+	VIII

1. Inledning

Träd dör och bildar död ved som kan förekomma såväl på marken som i vatten. I en naturlig kantzon mot vatten finns det ofta en högre andel gamla och döda träd än i kantzoner påverkade av skogsbruk (Henrikson 2000). Det intensiva skogsbruket under 1900-talet har medfört att förekomsten av död ved minskat kraftigt och är numera sällsynt i både vattendrag och på marken (Näslund 1999). Sveriges skogsbrukshistoria har inneburit rensning av timmer i vattendrag för att främja flottning (Törnlund & Östlund 2002) men även en minskad tillförsel av död ved till vattendrag (Dahlström 2005). Idag pågår projekt med ambitioner att förbättra vattenhänsynen i skogsbruket för att uppfylla de svenska miljömålen och vattendirektivet 2000/60/EG. Död ved i vattendrag är en parameter som idag används för att klassa ekologisk status med avseende på hydromorfologiska förhållanden (Naturvårdsverket 2007). Enligt svensk lagstiftning behövs ett särskilt fokus på de åtgärder som krävs för att uppnå en nödvändig ekologisk status eller god ekologisk potential gällande vattenförekomsternas hydromorfologiska förhållanden (SFS 2004:660). Därmed torde det finnas en hög ambition att öka förekomsten av död ved i våra svenska vattendrag.

1.1 Politiska ambitioner

Sedan 1993 har den svenska skogsvårdslagen två likställda mål, produktionsmålet och miljömålet. Skogen ska skötas uthålligt så att den ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls (Miljödepartementet 1993). År 2000 antog Europaparlamentet Vattendirektivet 2000/60/EG. Vattendirektivet är ett minimidirektiv som anger den lägsta godtagbara vattenkvaliteten och föreskriver att EU:s medlemsländer ska genomföra åtgärder i syfte att skapa god ytvattenstatus, god ekologisk potential (gäller modifierade vatten) samt god grundvattenstatus. Det övergripande målet med vattendirektivet är ett långsiktigt och uthålligt brukande av vattenresurserna, där inget vatten får försämrats i status (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG, EGT L 327, 22.12.2000, ss. 1-77). Sedan år 2004 har EU:s ramdirektiv för vatten varit antagen i svensk lagstiftning (SFS 2004:660), främst genom vattenförvaltningsförordningen i kapitel 5 i miljöbalken (Länsstyrelsen Västernorrland 2014). År 2010 antog riksdagen ett nationellt generationsmål vilket är ett inriktningsmål för den nationella miljöpolitiken (Sveriges riksdag 2010). Generationsmålet innehåller 16 miljökvalitetsmål vilka beskriver det tillstånd och den kvalitet som anses ekologiskt långsiktigt hållbar för Sveriges miljö, natur- och kulturresurser. Flertalet av miljökvalitetsmålen berör såväl skog som vatten (Miljödepartementet 2001).

1.2 Historisk påverkan och dagens skogsbruk

Skogsbrukets påverkan på vattendrag i Sverige ökade markant under sågverksindustrialiseringen och timmerflottningen (Törnlund & Östlund 2002). För att underlätta och förbättra flottningen, och därmed också förhindra att timmer stoppades upp i brötar, rensades stora delar av vattendragen (Törnlund & Östlund 2002) på omfattande kvantiteter av död ved och stenar (Figur 1). Dessutom grävdes ofta vattendragen djupare (Sedell & Luchessa 1982) och de rätades ut och reglerades (Nilsson m.fl. 2005). Detta resulterade i förändrade förutsättningar för

många vattenlevande organismer (Nilsson m.fl. 2005) och en minskad interaktion mellan land och vatten (Sedell & Luchessa 1982). Under 1950-talet tog en mekaniserad transport av timmer med lastbilar och järnväg successivt över flottningen (Dahlström 2005). Idag återställs vissa flottningsleder genom restaureringsprojekt (Nilsson 2007).



Figur 1. Flottningspåverkat vattendrag av strömordning 3 rensat på sten, Torpälven, Villingsbergs skjutfält.

Även det skogsbruk som bedrivs i Sverige idag har en stor påverkan på vattendragen (Degerman m.fl. 2005). Åtgärder som markberedning, dikning och skogsavverkning påverkar vattenkemin i vattendrag (Ahtiainen & Huttunen 1999). Skogsavverkning kan ge upphov till en förhöjd avrinning (Sørensen m.fl. 2009), ge högre koncentrationer av löst organiskt kol (DOC) (Laudon m.fl. 2009) samt öka mängden kväve, fosfor och suspenderat material. Dessutom kan dikning och markberedning öka utlakningen av såväl suspenderat material som fosfor (Ahtiainen & Huttunen 1999). Beroende på skogsbruksåtgärd kan förändringar i trädslagssammansättning samt förekomst och tillföreseltakt av död ved till vattendrag variera (Bisson m.fl. 1987). Det allt effektivare skogsbruket har med åren lett till att allt mindre mängder död ved hamnar i vattnet och stannar där (Dahlström 2005).

1.3 Kantzon mot vatten

Genom Sveriges skogar slingrar sig ungefär 29 000 mil vattendrag (Holmström m.fl. 2014) och utgör en viktig del av det svenska landskapet (Näslund 1999; Lindegren 2006). Vattendrag är beroende av skogen och vegetationen närmast vattendragen (Welty m.fl. 2002; Ring 2008). En kantzon är i detta sammanhang en övergångszon mellan två olika miljöer: området mellan skog och vattendrag (Andersson 2013). En kantzon kan även beskrivas som det område närmast vatten som påverkas av vatten eller själv påverkar vatten (Henrikson 2000). En skyddszon är enligt föreskrift 7:20 till skogsvårdslagen 30 § (Skogsstyrelsen 2014b) ett område som vid skötsel av skog behövs för att förhindra eller begränsa skadlig inverkan på angränsande miljöer.

Idag förväntas skyddszoner lämnas enligt föreskrift 7:21 till skogsvårdslagen 30 §:

”Skyddszoner med träd och buskar ska lämnas kvar vid skötsel av skog i sådan utsträckning som behövs av hänsyn till arter, vattenkvalitet, kulturmiljö, kulturlämningar och landskapsbild.”

(Skogsstyrelsen 2014b, s.62)

Skogen i miljön närmast vattendrag har stor betydelse för biodiversiteten såväl på land som i vattnet (Holmström m.fl. 2014). Kantzoner påverkar vattendrag genom att reducera avrinningen och utjämna flödestoppar. Trädens rötter stabiliserar strandkanten och förhindrar erosion (Bergquist 1999; Dahlström m.fl. 2005; Lindegren 2006) samt reducerar vattenhastigheten. Kantzonen fungerar även som ett sedimentfilter och därmed begränsas transporten av sedimentpartiklar till vattendrag. Vattendrag påverkas även genom bland annat minskning av transporten av närsalter och metaller till vattendraget (Lindegren 2006). En beskuggad kantzon ger ett minskat ljusinflöde till vattendraget (Welty m.fl. 2002; Lindegren 2006; Holmström m.fl. 2014) och därmed förhindras förhöjd vattentemperatur (Welty m.fl. 2002; Dahlström m.fl. 2005; Lindegren 2006). Kantzonen till beskuggade skogsvattendrag tillför organiskt material (Welty m.fl. 2002) i form av löv och förna samt småkryp (Henrikson 2007) som är en viktig födokälla för bottenfaunan (Ring 2008; Holmström 2014) och fisk (Henrikson 2007). Träden i kantzonen är viktiga för förnakvaliteten i vattendraget och en större andel lövträd i kantzonen har visat sig öka antalet bottenlevande organismer per areaenhet i vattendrag (Ring 2008). En trädbevuxen kantzon säkrar dessutom tillförseln av död ved (Welty m.fl. 2002; Ring 2008; Holmström 2014). Tillförseln av död ved från skog till vattendrag är en viktig länk mellan de skogliga och akvatiska ekosystemen (Lienkaemper & Swanson 1987; Costigan & Daniels 2013) och mängden död ved i vattendrag reflekterar starkt strukturen, sammansättningen och historiken hos den närliggande skogen (Lienkaemper & Swanson 1987). Under naturliga förhållanden innehåller skogliga vattendrag stora mängder död ved (Toews & Brownlee 1981) och enligt Murphy & Koski (1989) har död ved en så pass viktig funktion i vattendragsekosystemet att bevarandet av död ved borde vara ett av de högst prioriterade målen för skötseln av kantzon.

Kantzoner med korta träd kan förväntas ha en smalare rekryteringsarea medan högre träd kan förväntas tillföra vattendraget död ved från ett längre avstånd (Harmon m.fl. 1986; Naiman m.fl. 2002). LWD definieras som död ved över 1 meter lång och minst 10 cm i diameter i grövsta änden. LWD med ursprung från kantzonen inom 1 meter från vattendrag kan stå för mellan 11 % och nästan 50 % av antalet LWD i vattendrag (Naiman m.fl. 2002; Murphy & Koski 1989). Ett avstånd på 5 meter kan stå för mer än 50 % av antalet LWD (Dahlström & Nilsson 2006), 10 meters avstånd för ungefär 80 % (Dahlström & Nilsson 2006), 20 meters avstånd för 70-99,5 % av antalet LWD i vattendrag (Murphy & Koski 1989; Naiman m.fl. 2002; Dahlström & Nilsson 2006) och 30 meters avstånd för 99 % av antalet LWD (Murphy & Koski 1989). Kunskap om avståndet för LWD-rekrytering till vattendrag är viktig för att kunna definiera utbredningen av zonen där skog- och vattendragsinteraktion förekommer (McDade m.fl. 1990). En skyddszon om 20-30 m behövs för att behålla en oförändrad tillförsel av död

ved till vattendragen (Bergquist 1999; Nyberg & Eriksson 2001) och bör avsättas på båda sidor om vattendragen och vara sammanhängande (Bergquist 1999).

1.3.1 Död ved i skog

Död ved är en av de viktigaste förutsättningarna för den biologiska mångfalden i skog (Jonsson & Kryus 2001). En studie från Finland visar på en stark korrelation mellan volym död ved och artrikedomen av vedlevande arter (Martikainen m.fl. 2000). Brukade skogar (utanför skyddade områden) med en volym död ved av 20 m³/ha utgör högkvalitativa habitat för många arter och bör täcka 10-30 % av det svenska skogslandskapet (de Jong & Almstedt 2005).

Volymen död ved¹ på brukad produktiv skogsmark uppgår till i genomsnitt på 7,7 m³/ha för Sverige och 6,6 m³/ha för Svealand (taxeringsperiod 2009-2013) (Tabell 1). Volymen död ved varierar mellan såväl nedbrytningsgrad som trädslag (Nilsson m.fl. 2014). Volym död ved på brukad produktiv skogsmark fördelad på trädslag visar att gran (*Picea abies* (L.) H. Karst) är det vanligaste trädslaget, tätt följd av tall (*Pinus sylvestris* L.) (Tabell 1) (Nilsson m.fl. 2014) medan tallskog och granskog är vanligaste beståndstyperna i Sverige på brukad produktiv skogsmark (Tabell 2) (Nilsson m.fl. 2014). Dock visade en annan studie att det inte kunde påvisas någon skillnad i volymen död ved i gallrad skog jämfört med nyckelbiotoper (Salomonsson 2009).

Tabell 1. Volym död ved totalt, fördelad på nedbrytningsgrad och trädslag för brukad produktiv skogsmark, taxeringsperiod 2009-2013. Där definieras hård död ved som där > 90 % av stammens volym består av hård ved med hård mantelyta och nedbruten ved definieras som ved där 10-100 % av stammens volym består av mjuk eller mycket mjuk ved (efter Nilsson m.fl. 2014).

	Hård död ved	Nedbruten död ved	Död ved Tall	Död ved Gran	Död ved Lövträd	Totalt död ved
	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
Svealand	3,9	2,7	2,7	2,6	1,3	6,6
Sverige	4,1	3,6	2,8	3,1	1,7	7,7

Tabell 2. Produktiv skogsmarksareal fördelad på beståndstyp, taxeringsperiod 2009-2013 (efter Nilsson m.fl. 2014).

Beståndstyp	Svealand %	Sverige %
Tallskog	41,4	39,2
Granskog	27,2	27,2
Contortaskog	0,7	2,1
Barrblandskog	14,9	14,0
Barrlövblandskog	6,0	7,4
Ädellövsog	0,3	1,0
Övrig lövsog	5,9	5,9

Enligt miljö kvalitetsmålet *Levande skogar* som fastställdes 1999 (Naturvårdsverket 2014), ska mängden hård död ved i skogslandskapet öka och delmålet är att mängden hård död ved ska öka med minst 40 % till år 2010 (Skogsstyrelsen 2008). Den faktiska genomsnittliga

¹ Stående döda träd, liggande döda träd (med rot del) och liggande döda träd delar (utan rot del) med en brösthöjdsdiameter över 10 cm och en längd om minst 1,3 m enligt Riksskogstaxeringen (2014).

procentuella ökningen för perioden uppgick till 62,1 % med en volym hård död ved på 4,1 m³/ha år 2010 baserat på glidande 5-årsmedelvärden (Skogsstyrelsen 2014c). Motivet för att öka mängden hård död ved är att förstärka den biologiska mångfalden då tillgången har en stor betydelse för mångfalden av såväl mossor, lavar, vedsvampar som insekter i skogen. I sin tur har de vedlevande insekterna stor betydelse för fågellivet.

En studie från norra Mellansverige (södra Norrbotten, centrala Västerbotten, östra Jämtland och norra Västerbotten) har visat en högre volym död ved i naturreservat med gammal skog (naturskog med äldre spår av skogsbruk) än skött skog (skog med bevis för bedrivande av skogsbruk) i kantzon (Tabell 3) (Dahlström & Nilsson 2006). En annan studie utförd i Jämtlands län längs vattendrag utan någon historisk flötningspåverkan i skogsbrukad skog visade att det dominerande trädslaget för volymen död ved i kantzoner är björk (*Betula* spp.), volymen död ved var 28,3 m³/ha medan antalet död ved var 458 st/ha i kantzon (Dahlström m.fl. 2005).

Tabell 3. Död ved liggande samt stående i kantzon fördelat på gammal skog jämfört med skött skog i norra Mellansverige (Standardavvikelse, SD, inom parentes) (efter Dahlström & Nilsson 2006).

Placering	Gammal skog m ³ /ha	Skött skog m ³ /ha
Stående död ved	32,3 (15,9)	10,3 (10,8)
Liggande död ved	35,5 (16,5)	16,8 (16,8)

1.4 Död ved i vattendrag

I denna rapport används begreppet LWD (eng. *large woody debris*) för död ved med en längd över 1 meter och minst 10 cm i diameter i grövsta änden, vilket är ett internationellt använt begrepp (Murphy & Koski 1989; Montgomery m.fl. 1995; Naiman m.fl. 2002; Kreutzweiser 2005). Även *Fine woody debris* (diameter < 10 cm) är viktig i vattendrag och har visats kunna öka diversiteten och mängden driftande invertebrater (ryggradslösa djur) men också påverka beteendet hos öring (Enefalk 2014). Begreppet *död ved* kommer härnäst att referera till död ved av alla storlekar om inte annat anges. Ansamlingar av död ved i vattendrag, härnäst benämnda *timmerbrötar* i denna rapport, definieras som ackumulering av vedbitar (Pitlick 1995). Vidare kommer *riparian forest* (Welty m.fl. 2002), *riparian zone* (Bisson m.fl. 1987) och *streamside zones* (Murphy & Koski 1989) härnäst att hänvisas till kantzon i detta arbete.

1.4.1 Vedens betydelse i vatten

Död ved i vatten är habitat för många arter (Swanson & Lienkaemper 1978; Harmon m.fl. 1986) och används för många olika ändamål av organismer: skydd, äggläggning, vila, uppväxtområde, ömsa skin, förpuppning och levnad (Anderson m.fl. 1978). Vidare skapas lekplatser för fisk (Bisson m. fl. 1987) med ökad tillgång till föda för fiskar och andra vertebrater (ryggradsdjur), akvatiska evertrebrater (ryggradslösa djur) och mikrober (Dolloff & Warren 2003). Död ved skapar ett mer varierat vattendrag och påverkar livet i vattendrag på flera nivåer i näringsväven (Harmon m.fl. 1986). I Sverige är 63 vedlevande arter, varav 3 är

rödlistade, knutna till död ved i vatten (Dahlberg & Stokland 2004) och 89 % av alla vattendrag smalare än sex meter i södra Sverige innehåller för lite död ved för att ha förutsättningar att uppnå god förekomst och täthet av öring (Degerman m.fl. 2005). Grov död ved underlättar exempelvis primärproduktion genom att tillhandahålla substrat för alger och mikrober, källor till näringsämnen (Dolloff & Warren 2003).

Beroende på vedens orientering och position ovanför vattendragets botten (vertikal, lutande eller horisontell) skapas olika påverkan i vattendraget: dämningar, vattenfall (Robison & Beschta 1990b) och erosion (Keller & Swanson 1979; Robison & Beschta 1990b). Ved ökar antalet dammar och timmerbrötar i vattendraget (Swanson m.fl. 1976), skapar rumsliga variationer i vattendragsbredden (Swanson m.fl. 1976; Bisson m.fl. 1987; Robison & Beschta 1990b) och en mer orgelbunden botten- och strandbankstopografi (Buffington & Montgomery 1999; Hogan m.fl. 1998).

Död ved är också mycket viktig för lagring av organiskt material i vattendrag (Bilby & Likens 1980; Harmon m.fl. 1986), speciellt skogligt förnafall (Bilby & Likens 1980). Timmerbrötar i vattendrag av strömmordning 1 (definieras nedan i Figur 3) kan innehålla nästan 75 % av volymen organiskt material i vattendrag medan motsvarande siffra är 58 % och 20 % för vattendrag i strömmordning 2 respektive 3 (Bilby & Likens 1980). Död ved påverkar vattendrag genom att agera som hinder och bromsa vattenflödet (Swanson m. fl. 1976) vilket reducerar vattenenergin och resulterar i sedimentavsättningar bakom veden (Pitlick 1995; Marston 1982).

1.4.2 Nedbrytning

Nedbrytningen av ved i olika stadier är viktig för organismer på land (Dahlberg & Stokland 2004; De Jong m.fl. 2004) och är väl undersökt då Riksskogstaxeringen sedan år 1994 inventerar död ved på land i Sverige (Ringvall m.fl. 2000). Däremot är studier som handlar om nedbrytning av död ved i vatten få i Sverige (Exempelvis Bergquist m. fl. 1999; Dahlström m.fl. 2005; Degerman m.fl. 2005; Dahlström & Nilsson 2006).

Den mikrobiska nedbrytningen av död ved i vattendrag är på grund av syrebristen begränsad till vedytan, vilket resulterar i en långsam nedbrytning (Aumen m.fl 1983). Evertebrater främjar den biologiska nedbrytningen av ved (Keller & Swanson 1979) genom att exempelvis bygga tunnlar och hålor i den döda veden (Harmon m.fl 1986). Veden bryts även ned genom fysisk sönderdelning orsakad av strömmande vatten (Harmon et al. 1986) som ökar den mekaniska nötningen (Bilby 2003). Större vedmaterial tar lång tid att bryta ned (Abbott & Crossley 1982; Harmon m.fl. 1986, Bisson m.fl. 1987) och det kan därför ta decennier till århundraden innan den döda veden brutits ned helt. Det innebär att död ved kan finnas kvar under lång tid i ett vattendrag (Swanson m. fl. 1976; Swanson & Lienkaemper 1978; Lienkaemper & Swanson 1987; Dahlström m.fl. 2005).

Nedbrytningshastigheten av död ved är signifikant långsammare i vattendrag än kantzon (Dahlström & Nilsson 2006). En snabbare nedbrytning av organiskt material korrelerar med ökade koncentrationer av främst näringsämnena nitrat och ammonium i vatten (Pascoal m.fl.

2001). Nedbrytningen av död ved sker snabbast för björk medan nedbrytningen av tall är långsammast och nedbrytningshastigheten för gran är någonstans mellan björk och tall (Dahlström m.fl. 2005). Murphy & Koski (1989) och Bataineh & Daniels (2014) fann ett mönster av ökande frekvens av LWD med ökande nedbrytningsklass, för att i den mest långtgående nedbrytningsklassen (där såväl yta som kärna hos ved är mjuk och rutten) sedan minska i frekvens LWD igen.

1.4.3 Stabilitet, mobilitet och kvarhållning

Stabiliteten hos död ved i vattendrag påverkas av en rad faktorer där veddimensioner och vedstorlek relativt vattendragets storlek är två viktiga faktorer (Bisson m.fl. 1987). Den döda vedens trädslag påverkar dess stabilitet i vattendrag genom såväl form som densitet (Montgomery m.fl. 2003). Formen på veden är viktig då en mer oregelbunden ved har en större hydraulisk grovhet och därmed har en större sannolikhet för att fastna och dämna upp i vattendrag än vad vedbitar av mer strömlinjeformad karaktär, av liknande storlek, har (Gurnell 2003). Andra aspekter som påverkar vedens stabilitet i vattendrag är till vilken grad veden är nedgrävd i vattendragsbotten eller strandbanken (Bilby 1984), vedens orientering i vattendraget och hur stor andel av veden som är i vattnet (Bisson m.fl. 1987). Säsongsberoende flödesfluktuationer samt nedbrytningshastigheten och den fysiska sönderdelningen hos veden i vattendraget påverkar mobiliteten av död ved i ett vattendrag (Swanson m.fl. 1976). Andra faktorer som påverkar kvarhållandet och lagringen av ved i vattendrag utgörs av kantzonens bredd, sluttning, form, vattendragets strandkant, bottenstabilitet (Bilby & Likens 1980; Gurnell 2003), textur, dynamik, bottenmateriallets grovhet och andra hinder i vattendrag. Även skötselåtgärder såsom gallring och skogsavverkning i kantzoner påverkar kvarhållningen och mobiliteten av LWD i vattendrag (Gurnell 2003).

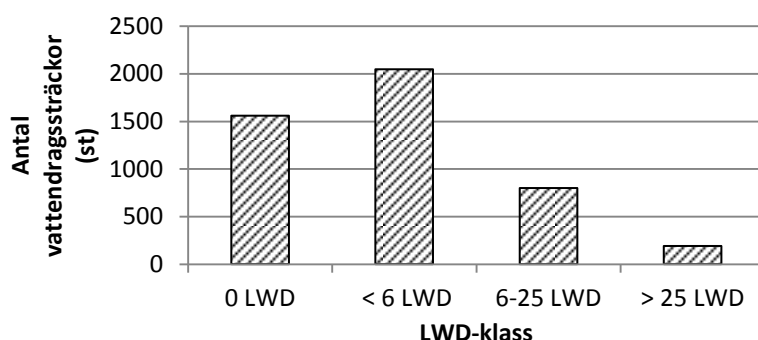
En studie i Jämtlands län har visat att mobiliteten hos död ved i vattendrag är liten och att de flesta bitarna död ved tillförs vattendraget från kantzonen (Dahlström m.fl. 2005). Vattendragets storlek är viktig för att bedöma tillståndet hos död ved i vatten. Koncentrationer av död ved är högst i små vattendrag och minskar sedan generellt med ökad strömföring då vattendrag blir bredare och har en större förmåga att transportera död ved (Keller & Swanson 1979). Större bitar av död ved är viktigare ju större vattendraget blir eftersom dessa är mer stabila och har mindre tendens att förflyttas av vattnet (Robinson & Beschta 1990a).

1.4.4 Volym och antal död ved

Mängden död ved i ett ekosystem representerar balansen mellan tillförsel och förlust av ved och kan variera stort i vattendrag (Harmon m.fl. 1986). Mängden död ved i vattendrag är beroende av den omgivande skogen i kantzonen och är dessutom mycket viktig för den långsiktiga produktiviteten hos vattendrag och kantzoner (Naiman m.fl. 2002).

I södra Sverige har mängden död ved i medeltal uppmätts till något lägre än 6 bitar LWD per 100 m vattendrag (Figur 2) (Degerman m.fl. 2005) och med data från Elfiskeregistret för Sverige erhöles ett medianvärde av 1 LWD/100 m² (Degerman m.fl. 2004). Volymen död ved i vattendrag i Jämtlands län har visat sig domineras av tall (Dahlström m.fl. 2005), eller gran i

vattendrag som rinner genom naturreservat med gammal skog medan löv dominerar i vattendrag genom skött skog i Norra Mellansverige (Tabell 4) (Dahlström & Nilsson 2006). I Jämtlands län har man funnit volymer död ved som uppgår till 65 m³/ha och vattendrag med upp till 53 LWD/100 m (Dahlström m.fl. 2005). Dessutom förekom en högre volym död ved i vattendrag i naturreservat med gammal skog jämfört med skött skog (Dahlström & Nilsson 2006).



Figur 2. Antal vattendragssträckor (varje sträcka 100 m lång) fördelat på LWD-klass (efter Degerman m.fl. 2005).

Tabell 4. Död ved i vattendrag fördelat på gammal skog i naturreservat vs skött skog i Norra Mellansverige (standardavvikelse inom parentes) (efter Dahlström & Nilsson 2006).

Trädslag	Gammal skog m ³ /ha	Gammal skog antal LWD/100 m	Skött skog m ³ /ha	Skött skog antal LWD/100 m
Tall	17,6 (22,1)	-	7,4 (8,7)	-
Gran	61,7 (51,0)	-	9,2 (10,7)	-
Löv	11,9 (15,2)	-	9,5 (9,6)	-
Totalt	91,2 (51,0)	64,1 (21,9)	26,2 (15,3)	37,4 (21,0)

- = Ej undersökt.

Om man går utanför Sverige har studier från USA visat på 29,5-32,8 bitar LWD/100 m vattendrag (Murphy & Koski 1989) och 5-20,4 bitar LWD/100 m² vattendrag (Montgomery m.fl. 1995). En studie från Kanada visade på ett intervall mellan 7,5–34,0 bitar LWD/100 m vattendrag (Kreutzweiser m.fl. 2005).

Costigan & Daniels (2013) visade att större volymer död ved finns i vattendrag av strömmordning 3 jämfört med mindre vattendrag medan andra studier fann att högst volym död ved i vattendrag kan återfinnas i små vattendrag (Lienkaemper & Swanson 1987; Lawrence m.fl. 2013). Robinson & Beschta (1990a, b) visade på en ökad volym död ved per 100 m med ökande strömmordning medan volymen död ved per 100 m² minskade med ökad strömmordning.

1.4.5 Genomsnittlig död ved

Längden hos LWD är kortare i vattendrag av strömmordning 1 än i vattendrag av strömmordning 3 (Kraft m. fl. 2002; McDade m.fl. 1990). Genomsnittlig diameter, längd och volym av en bit död ved tenderade att öka med strömmordning (Tabell 5) (Robinson & Beschta 1990a).

Tabell 5. Genomsnittlig död ved i vattendrag av strömmordning 1-3 i USA, presenterad som diameter, längd och volym (efter Robinson & Beschta 1990a).

Strömmordning	Diameter cm	Längd m	Volym m ³
1	53	7,9	1,5
2	46	6,7	1,4
2	51	6,7	1,5
3	53	7,3	1,8

Att samla in data om storlek, volym och kvalitet LWD kan bidra till att kartlägga och visa en tydligare bild av vilken typ och storlek av död ved som behöver återskapas i och intill våra svenska vattendrag, för att kunna upprätthålla deras funktionella ekologiska strukturer (Degerman m.fl. 2005).

1.5 Blå målklassning och NPK+

Vattendirektivet 2000/60/EG ställer krav på en planering av vatten som ger en ekologisk helhetssyn på vattendrag och motsvarande helhetssyn på grundvattenförekomster (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG, EGT L 327, 22.12.2000, ss. 1-77). De senaste åren har skogsindustrin arbetat med att begränsa skogsbrukets inverkan på bland annat vattendrag där såväl handlingsplaner utformats som personal utbildats i vattenhänsyn. Tillsammans har skogsbruket tagit fram en gemensam policy för att undvika körsador i skogen (Skogsindustrierna 2013) och dessutom har skogssektorn tagit fram gemensamma målbilder för vad skogsbruket bör göra för att bidra till att miljömålen uppnås (Andersson m.fl. 2013).

För att förbättra vattenhänsynen i skogen togs de två bedömningsverktygen Blå målklassning och NPK+ fram 2006 i ett samarbete mellan Världsnaturfonden (WWF) och de svenska skogsägarföreningarna inom ramen för projektet *Levande skogsvatten* (Världsnaturfonden 2014). Ambitionen för verktygen Blå målklassning och NPK+ är att förse skogsägare med hjälpmedel för att kunna öka vattenhänsynen redan vid planeringsprocessen av skogsvårdsåtgärder. Verktygen är framtagna som stöd för en enkel och rationell fältinventering där ambitionsnivåerna sedan uttrycks lokalt (Bleckert m.fl. 2013). Blå målklassning och NPK+ har stor potential att bli viktiga verktyg i arbetet för att förbättra vattenhänsynen i skogsbruket (Lestander 2014).

Blå målklassning är ett bedömningsverktyg som uttrycker vald ambitionsnivå på hänsyn för ett vattendrag, samt de åtgärder som ska utföras. Blå målklassning omfattar såväl vattendrag som dess kantzoner och är tänkt att användas på samma sätt som avvägningen mellan produktion och miljöhänsyn i de traditionella skogsbruksplanerna. De fyra Blå målklasserna för vattenmiljöer korresponderar med de målklasser som används vid Grön skogsbruksplan (Bleckert m.fl. 2013).

NPK+ står för naturvärde (N), avsaknad av mänsklig påverkan (P), känslighet för skogsbruk (K) samt plusvärde (+) och är ett bedömningsverktyg för vattendrag skapad för att ge en djupare förståelse för vattendragets värden och egenskaper (Bleckert m.fl. 2013). *Naturvärdet*

bedömer vattendragets struktur och bedöms för såväl vattendrag som kantzoner. Avsaknaden av mänsklig *Påverkan* bedöms, *Känslighet* för bedrivande av skogsbruk bedöms och då främst risken för igenslamning eller kvicksilvertillförsel till vattendrag. *Plusvärde* är ett samlat uttryck för övriga värden som av andra skäl är intressanta. Exempel på plusvärde är kultur- och fornlämningar (Bleckert m.fl. 2013). Efter önskemål från Fortifikationsverket valdes att inkludera Blå målklassning och NPK+ i detta arbete.

1.6 Skjutfält

Fortifikationsverket förvaltar 373 000 ha mark i Sverige (Fortifikationsverket 2014a) där huvudändamålet är att tillhandahålla mark och skog för det svenska försvarets verksamhet. Detta åstadkoms genom ett försvarsanpassat skogsbruk. Skogsskötseln på skjutfält kräver vissa anpassningar och skiljer sig från annan skogsskötsel genom hänsynen till den militära användningen av marken (Fortifikationsverket 2013).

Den militära verksamheten innebär påfrestningar på såväl marken som skogen. Träd kan vara sönderskjutna (Fortifikationsverket 2014b) och granatsplitter kan förekomma i både träd och mark. Dessutom kan skötselåtgärder endast genomföras då området inte är avlyst för militära övningar. Gallringsandelen är högre än normalt och avverkningar görs inte alltid när det är ekonomiskt optimalt, utan när det är lämpligt med hänsyn till försvarets verksamhet. Dessutom tas en högre andel biobränsle ut jämfört med konventionellt skogsbruk (Fortifikationsverket 2013). Denna användning och påverkan på skjutfälten har lett till uppkomst av nya biotoper där annorlunda såväl flora som fauna etableras (Fortifikationsverket 2014b).

Mot bakgrund av det ökade intresset i samhället för vattenvård och hänsyn till vattenmiljöer, vilket bland annat införandet av ramdirektivet för vatten (2000/60/EG) (Skogsstyrelsen 2011), har examensarbetet inriktats mot detta ämnesområde.

Död ved i skog har debatterats sedan tidigt 1930-tal och dess betydelse har med tiden accepterats. Idag tas hänsyn till död ved i skog i det praktiska skogsbruket (Samuelsson & Ingelög 1996) medan betydelsen av död ved i vattendrag inte är lika känd eller har fått samma uppmärksamhet och genomslag. Död ved i vattendrag är fortfarande relativt outforskat i Sverige och ett stort problem är bristen på kunskap angående död ved i vatten. Hur mängd och kvalitet av död ved i vattendrag skiljer sig åt mellan vattendrag med olika historik är relativt outforskat i Norden, speciellt i jämförelse med död ved på land (de Jong & Almstedt 2005). Denna studie är därför mycket viktig för att belysa kunskapsläget och tillföra ytterligare data kring död ved i vattendrag och kantzoner i en miljö som tidigare inte undersökts. Trots att försvarsanpassat skogsbruk bedrivs på ca 0,92 % av Sveriges landareal är de militära skjutfälten outforskade områden ur skogsbrukssynpunkt. Idag är det inte klarlagt på vad sätt det försvarsanpassade skogsbruket påverkar de ekologiska värdena i skog och vatten, och inte heller i vilken omfattning. Därmed är kunskapen om skillnaden mellan mer konventionellt skogsbruk och försvarsanpassat skogsbruk inte heller belyst. Hur ett försvarsanpassat skogsbruk påverkar vattendrag och kantzoner med avseende på död ved är inte tidigare studerat. Denna studie är därför unik och bör kunna bidra med kunskap till underlag för

rekommendationer avseende död ved i vattendrag och skötsel av kantzoner. Resultatet av studien kan också användas av olika intressenter som underlag för att vidare studera och utvärdera skötselmetoder och effekter inom skogsbruket.

1.7 Syfte

Detta arbete syftar till att besvara frågeställningarna:

- 1) Hur stor volym och antal grov död ved (LWD) förekommer i vattendrag jämfört med på land i kantzoner på Fortifikationsverkets marker och hur varierar volymen död ved mellan strömordningar?
- 2) Hur är död ved fördelad på nedbrytningsgrad i vattendrag jämfört med på land i kantzoner på Fortifikationsverkets marker?
- 3) Hur skiljer sig dimensionerna av LWD i vattendrag respektive kantzon för strömordning 1-3 på Fortifikationsverkets marker?
- 4) Hur är beståndstyp i kantzoner fördelad på Fortifikationsverkets marker jämfört med riksgenomsnittet?
- 5) Vad har verktygen Blå målklassning och NPK+ för styrkor, möjligheter, svagheter och risker som bedömningsverktyg av vattendrag och dess miljö?

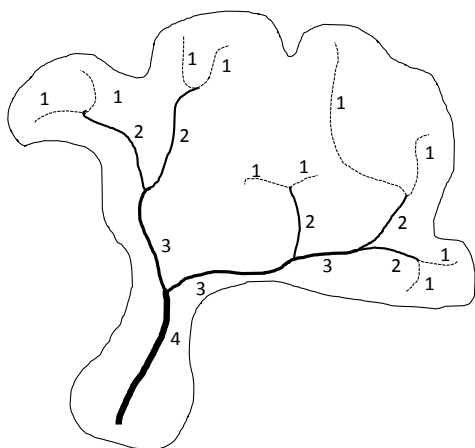
2. Material och metoder

2.1 Inventeringslokaler

Villingsbergs skjutfält är med sina 7 400 ha Sveriges sjätte största skjutfält (Fortifikationsverket 2013) och är beläget cirka 10 km öster om Karlskoga i Svealand. Området valdes ut i samarbete med Fortifikationsverket. Skjutfältet bildades år 1943 (Försvarsmakten 2013) och inom området slingrar sig, enligt terrängkartan (Bilaga 1), totalt cirka 8 mil vattendrag.

2.2 Fältinventering

Innan datainsamlingen i fält inleddes klassificerades vattendragen på Villingsbergs skjutfält i tre olika strömordningar. Detta gjordes för att säkerställa att vattendrag av samtliga dessa 3 strömordningar kom med i urvalet av vattendrag och provytor. De vattendrag som utgörs av de minsta blå linjerna i terrängkartan i skala 1: 50 000 har rankats som strömordning 1 och därefter ökar vattendragen i strömordning nedströms då vattendrag av samma ordning sammanfaller (Figur 3). Utifrån fjärranalys av ortofoto (Bilaga 2) och terrängkarta valdes provpunkter ut längs med vattendragen, fördelat på de tre strömordningarna, med hänsyn till kriteriet att vattendraget av denna strömordning skulle omges av skog.

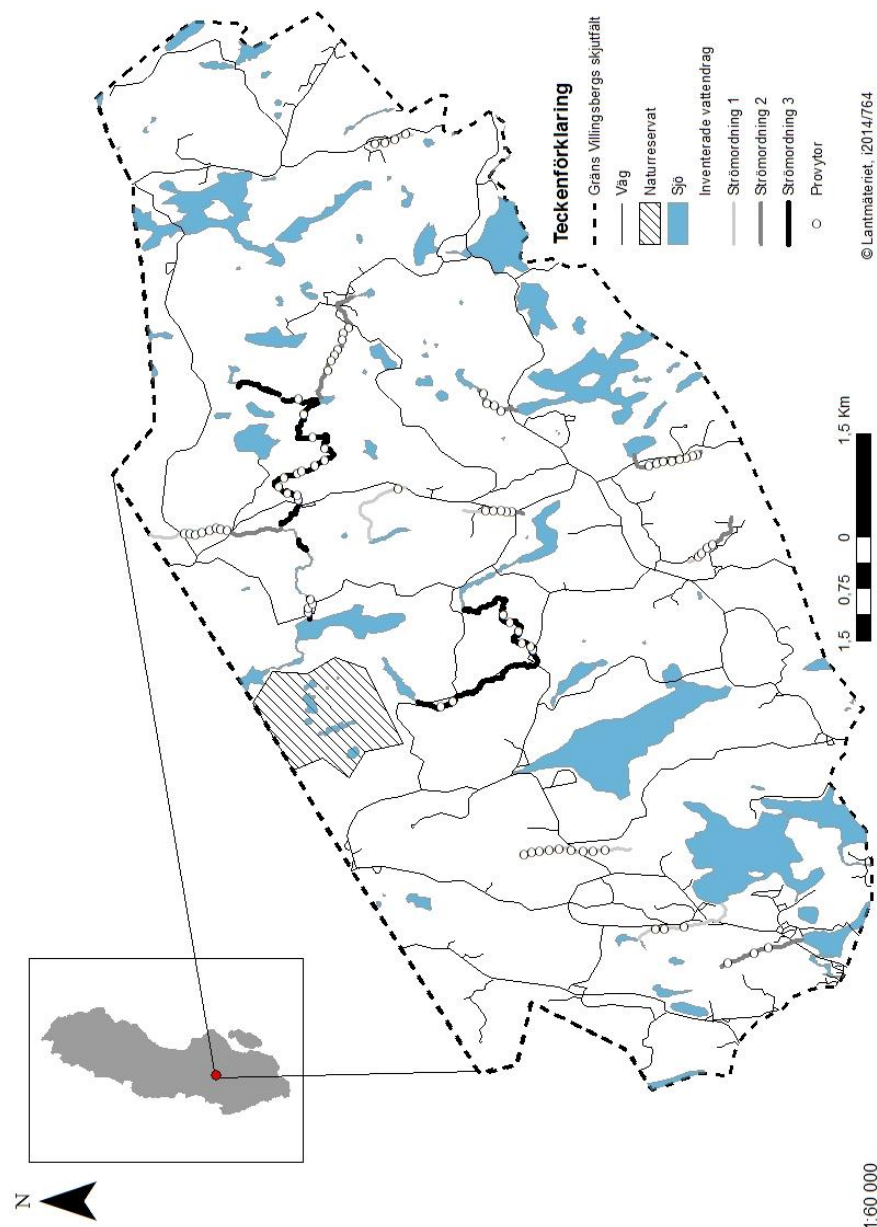


Figur 3. Klassificering av strömordning omritad (efter Strahler 1957).

I fält korregerades provvyternas placering efter de verkliga förhållandena på plats, såsom förekomst av myr och eventuell uttorkning. Totalt inventerades 82 provytor fördelat på 14 vattendrag (Tabell 6, Figur 4). Inventeringen av 13 provytor i strömordning 1 skedde i vattendrag som var torrlagda på grund av att det inte fanns tillgång till vattendrag med vatten vid inventeringstillfället.

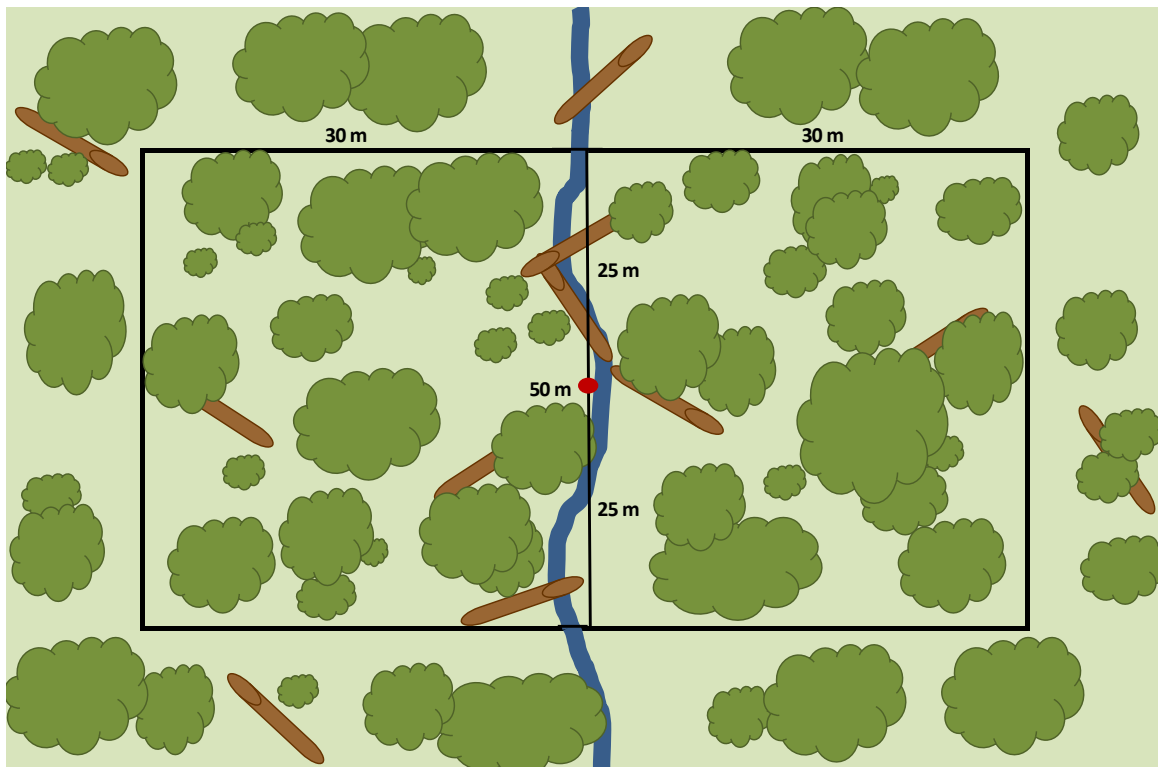
Tabell 6. Summering av inventeringsprovyternas utplacering i vattendrag på Villingsbergs skjutfält.

Strömordning	Antal provytor	Antal vattendrag
1	26	7
2	31	7
3	25	3
Summa	82	14



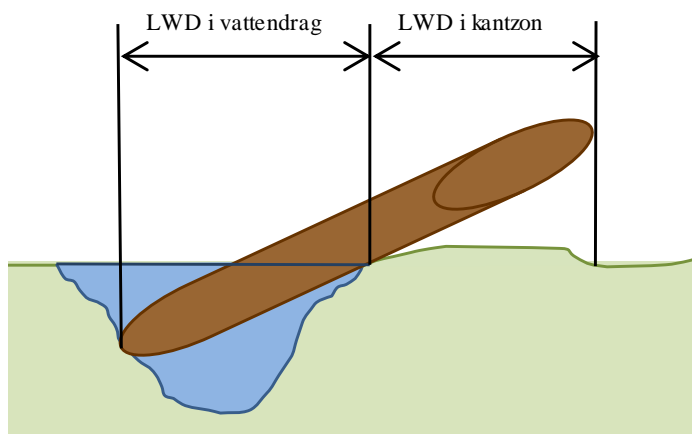
Figur 4. Inventeringsprovyternas utplacering på Vällingsbergs skjutfält.

En provyta utgick från en provpunkt vid vattendraget och sträckte sig 25 m uppströms respektive nedströms längs vattendraget, vilket resulterade i en 50 m lång sträcka. Därefter sträckte sig provytan 30 m in i skogen på vardera sidan om vattendraget (Figur 5). Provytan mättes upp med huggarmåttband. Kantzonen definierades i denna studie som marken inom 30 m på vardera sidan om ett vattendrag. Kantzonens bredd på 30 m representerar det maximala avståndet från vattendraget som LWD kan falla från och därmed rekryteras till vattendraget med avseende på maximal trädhöjd, dvs. ungefär 30 m (Dahlström & Nilsson 2006).



Figur 5. Provytans konstruktion. Utifrån provpunkten (röd punkt) inventerades 25 m uppströms respektive nedströms provpunkten samt 30 m kantzon på båda sidor om vattendraget längs de 50 m.

Varje provyta inventerades på LWD med fältblankett för LWD (Bilaga 3). Antal LWD i kantzon respektive i vattendrag noterades liksom vedens diameter, höjd/längd och träslag. Enbart den del av veden som låg i eller rakt ovanför vattendraget mättes in som LWD i vattendrag. Om veden var så lång att den även delvis låg i kantzonen delades LWD upp och registrerades i kantzon respektive vattendrag (Figur 6). Rötter räknades inte in i denna studie, dock antecknades såväl brädor som låg i vattendrag som friliggande stockar exempelvis flottningstimmer (Figur 7).



Figur 6. Uppdelningen av död ved i vattendrag respektive kantzon vid registrering i fält.



Figur 7. Flottningspåverkat vattendrag av strömmordning 3 med kvarliggande flottningsstimmer, Lanforsälven, Villingsbergs skjutfält.

Vidare registrerades om LWD var av en konisk form eller mera av cylindrisk form. Anledningen till att formen på LWD registrerades var att volymberäkningen av veden skulle ge ett resultat så nära det "sanna" värdet som möjligt. Höjden på stående träd mättes med HEC (Haglöf elektroniska höjdmätare). Trädslagsidentifieringen hos LWD baserades på bark och löv (vid förekomst), grenmönster och vedanatommiska egenskaper som kvistar, textur, färg på veden samt form.

Nedbrytningsgraden skattades hos alla inventerade LWD enligt Riksskogstaxeringens nedbrytningsklasser för skog i Sverige (Tabell 7) (Riksskogstaxeringen 2014). Ett stegbaserat klassifikationssystem för nedbrytning av ved, som i denna studie, ger en kvalitativ mätning av nedbrytningsgraden vilket i stor utsträckning har använts för att övervaka och modellera död ved i såväl terrestra som akvatiska miljöer (Bataneh & Daniels 2014).

Tabell 7. Definition av nedbrytningsklasser (ombearbetad efter Riksskogstaxeringen 2014).

Nedbrytningsklass	Beskrivning
Hård död ved	> 90 % av stammens volym bestod av hård ved med hård mantelyta.
Något nedbruten död ved	> 10-25 % av stammens volym bestod av mjuk ved.
Nedbruten död ved	> 26-75 % av stammens volym bestod av mjuk ved eller mycket mjuk ved.
Mycket nedbruten död ved	> 76-100 % av stammens volym bestod av mjuk ved eller mycket mjuk ved.

I början av inventeringen användes jordsond för att mäta nedbrytningsgrad men ersattes tämligen omgående med en kniv. Likaså användes klave för att registrera diameter i början av inventeringen men ersattes tämligen omgående med tumstock. Dessa modifieringar gjordes för att effektivisera inventeringen. Inom provytan registrerades även vattendragets strömordning och vattendragsbredd. För detta användes fältblankett för vattendragsegenskaper som underlag (Bilaga 4). Uppgifterna noterades bland annat för att räkna ut vattendragets area inom provytan. Vattendragsbredd mättes med tumstock vid tre punkter inom provytan: vid provpunkten samt en punkt 25 meter uppströms respektive nedströms den utvalda provpunkten. I de vattendrag som var torrlagda uppskattades vattendragsbredden genom avläsning av vegetation och vattenlinje.

Trädslagsfördelningen i kantzonen inventerades med relaskop och klassificerades därefter i beståndstyp efter relaskoperingsresultatet; antingen tallskog, granskog, barrblandskog, barrlövblandskog, ädellövskog, övrig lövskog eller övrig skog (Tabell 8).

Tabell 8. Definition av beståndstyp (efter Riksskogstaxeringen u.å.).

Beståndstyp	Definition
Tallskog	≥ 70 % av grundytan består av tall
Granskog	≥ 70 % av grundytan består av gran
Barrblandskog	Övrig skog som inte en passar in i de ovan nämnda klasserna, ≥ 70 % barrträd
Barrlövblandskog	40-60 % av grundytan består av lövträd
Ädellövskog	≥ 70 % av grundytan består av lövträd och ≥ 50 % ädla lövträd*
Övrig lövskog	≥ 70 % av grundytan består av lövträd och < 50 % ädla lövträd*
Övrig skog	Övrig skog som inte en passar in i de ovan nämnda klasserna

* Ädla lövträd är ek, bok, alm, ask, lind, lönn, avenbok och fågelbär.

Slutligen inventerades samtliga provytor med bedömningsverktygen NPK+ och Blå målklassning enligt WWF:s fältprotokoll (Bilaga 5). Detta gjordes genom att i fält genom okulär besiktning göra en subjektiv bedömning.

2.3 Beräkningar och analyser

2.3.1 Volymfunktioner

För LWD med en tydlig konisk form räknades volymen LWD i vattendrag och kantzoner ut med trädslagsvisa volymformler på bark enligt Brandel (1990); för gran och tall som växer söder om 60,0° i Sverige samt för björk norr om 59,0° (Ekvation 1-3). Eftersom kraven på lägsta höjd för användning av de trädslagsvisa volymformlerna inte uppfylldes av alla LWD, användes trädslagvisa volymfunktioner på bark för södra Sverige enligt Andersson (1954) för dessa LWD (Ekvation 4-6). Dessutom krävs en brösthöjdsdiameter om minst 4,5 cm (Brandel

1990) respektive 5 cm (Andersson 1954) för volymfunktionerna, vilket dock inte beaktades i denna studie. Vid beräkning av volym LWD för lövträd användes volymformel för björk oavsett lövträdsart.

$$\text{Tall} \quad V = 10^{-1,38903} * d^{1,84493} * (d + 20,0)^{0,06563} * h^{2,02122} * (h - 1,3)^{-1,01095} \quad (\text{Ekvation 1})$$

$$\text{Gran} \quad V = 10^{-1,02039} * d^{2,00128} * (d + 20,0)^{-0,47473} * h^{2,87138} * (h - 1,3)^{-1,61803} \quad (\text{Ekvation 2})$$

$$\text{Björk} \quad V = 10^{-1,84627} * d^{2,23818} * (d + 20,0)^{-1,06930} * h^{6,02015} * (h - 1,3)^{-4,51472} \quad (\text{Ekvation 3})$$

$$\text{Tall} \quad V = 0,22 + 0,1066d^2 + 0,0285d^2h + 0,008427dh^2 \quad (\text{Ekvation 4})$$

$$\text{Gran} \quad V = 0,22 + 0,1086d^2 + 0,01712d^2h + 0,008905dh^2 \quad (\text{Ekvation 5})$$

$$\text{Björk} \quad V = 0,11 + 0,1302d^2 + 0,01063d^2h + 0,007981dh^2 \quad (\text{Ekvation 6})$$

Där $V = \text{volym (dm}^3\text{)}$, $d = \text{diameter vid 1,3 m på bark (cm)}$ och $h = \text{trädhöjd ovan mark (m)}$.

För LWD av en mer cylindrisk form (snarare än konisk) användes volym av en cylinder för att räkna ut volym LWD (Ekvation 7). Det är vanligt förekommande i fältstudier att volym död ved antas följa formeln för en cylinder (Robinson & Beschta 1990a; McHenry m.fl. 1998; Costigan & Daniels 2013).

$$V = \pi l r^2 \quad (\text{Ekvation 7})$$

Där $V = \text{volym (cm}^3\text{)}$, $l = \text{längd (cm)}$ och $r = \text{radie (cm)}$.

2.3.2 Beräkningar

Volym och antal LWD per areaenhet räknades ut med hjälp av vattendragsbredd (för LWD i vattendrag) eller storlek på kantzonen (för LWD i kantzon) inom varje provyta. För vattendrag räknades en genomsnittlig vattendragsbredd ut per provyta för att, multiplicerat med längden på provytan (50 m), generera vattendragsarean inom provytan. Denna vattendragsarea användes för att räkna fram LWD per areaenhet vattendrag. För varje strömordning räknades därefter medelvärde och medelfel ut (SE = standard error of the mean).

För volym och antal LWD per 100 m vattendrag summerades antalet och volymen LWD per provyta. Därefter sammanställdes volym och antal LWD per 100 m vattendrag per strömordning och medelvärden samt SE beräknades.

LWD fördelat på nedbrytningsklass per strömordning räknades fram genom att summera antal och volym LWD per nedbrytningsklass för respektive provyta. Volym och antal LWD per nedbrytningsklass för respektive provyta omräknades till önskad areaenhet. Därefter sammanställdes volym och antal LWD per nedbrytningsklass och strömordning och medelvärden samt SE räknades ut. LWD fördelat på nedbrytningsklass per träslag räknades fram genom att summera volym och antal LWD per nedbrytningsklass och träslag för respektive provyta. Antal och volym LWD per nedbrytningsklass och träslag för respektive provyta omräknades till önskad areaenhet. Därefter sammanställdes volym och antal LWD per träslag och nedbrytningsklass och medelvärden samt SE beräknades.

Genomsnittlig LWD i vattendrag och kantzoner räknades fram genom att sammanställa diameter, längd och volym hos alla LWD i vattendrag samt kantzoner var för sig per strömmordning varefter medelvärde samt SE räknades ut.

För alla vattendrag räknades poängen för NPK+ ut genom att ta fram ett medelvärde på kategorierna *naturvärde*, *påverkan*, *känslighet* samt *plusvärde*, baserat på samtliga provytor inom vattendraget.

2.4 Komplettering av data

Vid inventering med bedömningsverktygen NPK+ och Blå målklassning förekommer parametrar som förekomst av *värdearter* (rödlistade arter, stormusslor, laxfiskar och flodkräftor), förekomst av *omfattande försurning*, *omfattande övergödning* och *restaureringsåtgärder*. Dessa är svåra att fastställa i fält och därför bör de vara kända innan inventeringen. Uppgifter om rödlistade arter för såväl skog som sötvatten återfanns på ArtFakta (SLU Artdatabanken 2014a) för Värmland och Örebro län. Uppgifter om förekomst av stormusslor (ungefärligen > 10 år) återfanns på Musselportalen (SLU Artdatabanken 2014b) och förekomst av laxfiskar bedömdes genom VISS webbaserade vattenkarta som är ansluten till SLU:s Elfiskeregister (Länsstyrelsen Kalmar 2014). Genom VISS databas framgick även information angående övergödning, försurning och kalkningspåverkan. I VISS databas återfanns bara information om större vattendrag, sjöar, kustvatten och grundvatten (Länsstyrelsen Kalmar 2014).

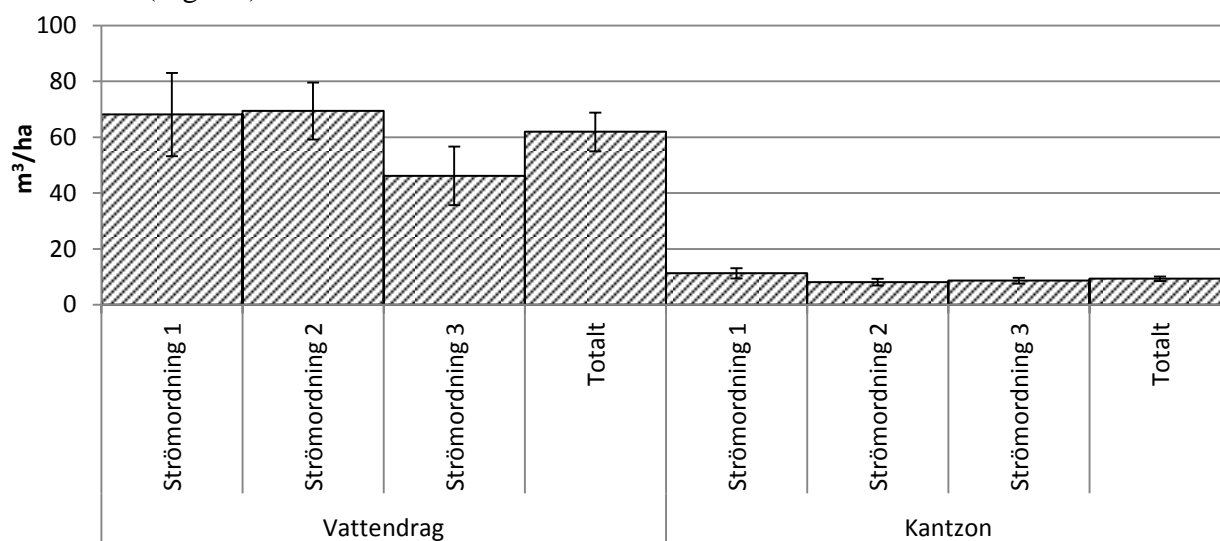
2.5 Utvärdering av Blå målklassning och NPK+

Efter önskemål från Fortifikationsverket gjordes en utvärdering av metoderna NPK+ och Blå målklassning med det strategiska planeringsverktyget SWOT-analys (Styrkor, Svagheter, Möjligheter och Risker/hot) enligt Start & Hovland (2004). Utvärderingen grundades på egna erfarenheter av bedömningsverktygen från applicering av dessa på Villingsbergs skjutfält samt litteraturstudier. Dessutom diskuterades användningen av Blå målklassning och NPK+ med en yrkesverksam person inom skogsbruket. Det underlag som användes för diskussion var Blå målklassning och NPK+ (Bleckert m.fl. 2013) och fältblankett för inventering av Blå målklassning och NPK+ (Bilaga 6).

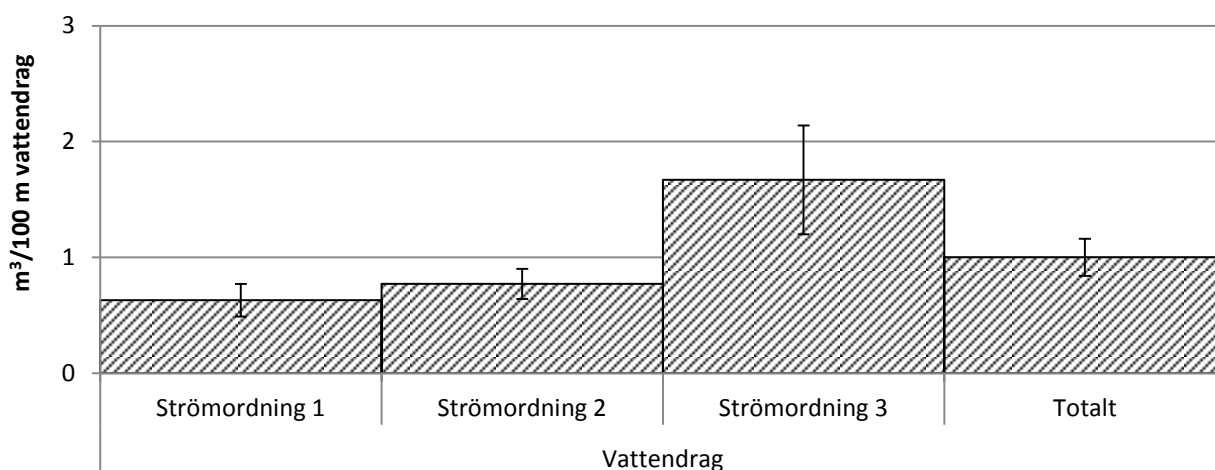
3. Resultat

3.1 Volym och antal LWD

Den genomsnittliga volymen LWD var påtagligt skild (baserat på SE) mellan vattendrag och kantzon med en betydligt högre volym LWD i vattendrag (Figur 8). Medelvärde för volymen LWD i vattendrag var $61,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ medan motsvarande siffra var $9,28 \text{ m}^3/\text{ha}$ för kantzoner. Volymen LWD i kantzonerna var endast något skild mellan strörmordningarna 1 och 2. Volymen LWD i vattendrag var tydligt skild mellan strörmordningar för strörmordning 2 och 3, förutom för parametern $\text{m}^3/100 \text{ m}$ där strörmordning 3 var skild från såväl strörmordning 1 som 2 och total (Figur 9).

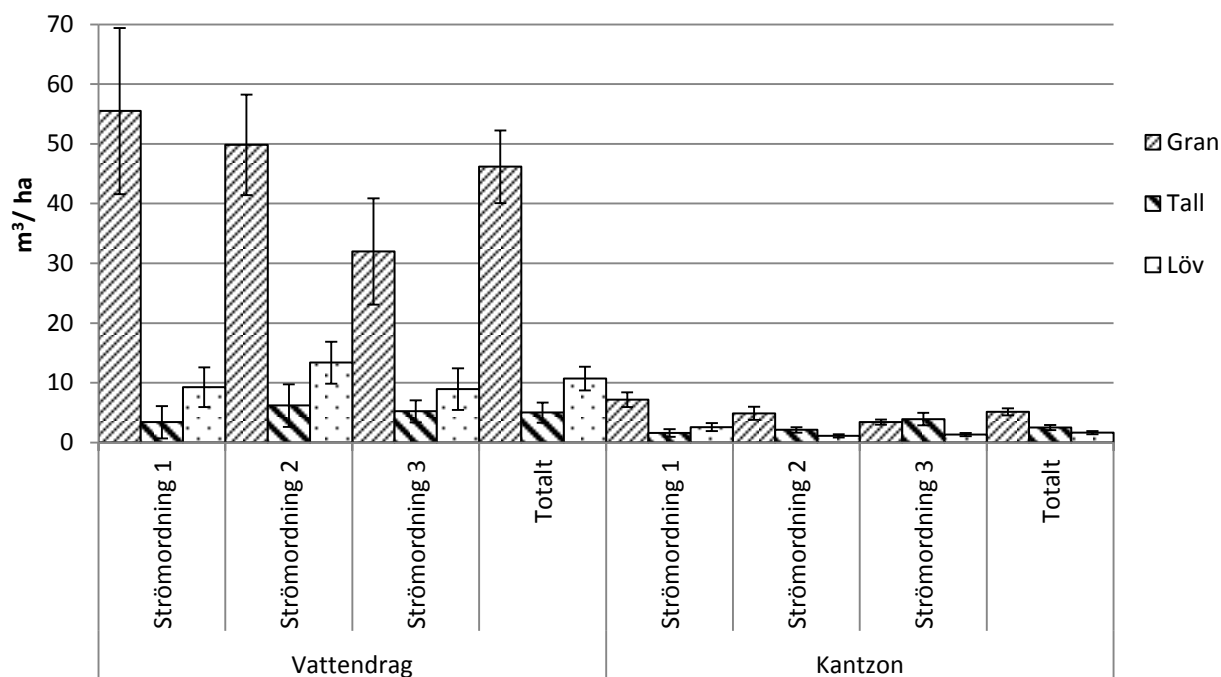


Figur 8. Volym LWD per hektar i vattendrag respektive kantzon fördelad på strörmordning på Villingsbergs skjutfält. Redovisad som medelvärden med SE.



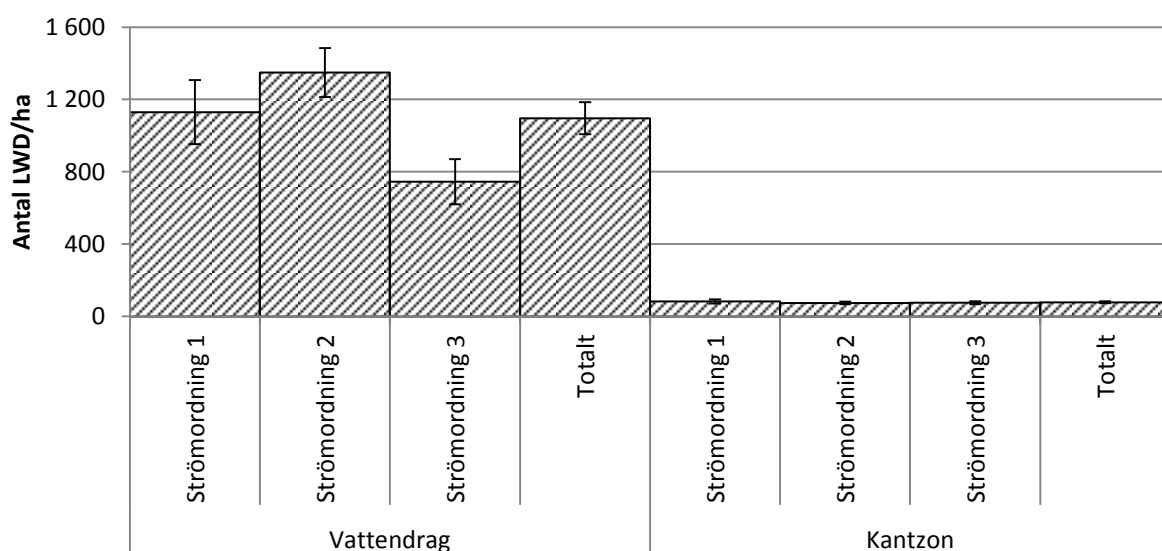
Figur 9. Volym LWD per 100 m vattendrag fördelad på strörmordning på Villingsbergs skjutfält. Redovisad som medelvärden med SE.

Gran var det vanligast förekommande trädslaget av LWD för alla strörmordningar i såväl vattendrag som kantzon (med undantag för strörmordning 3) (Figur 10).

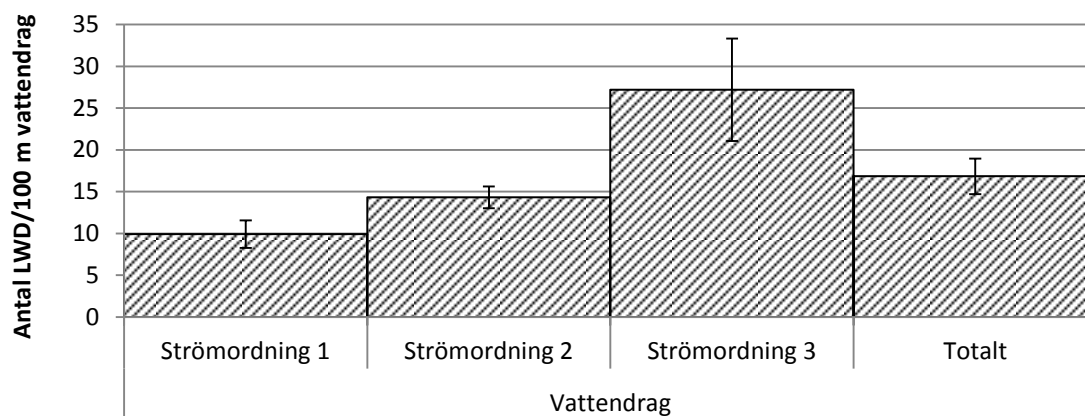


Figur 10. Volym LWD i vattendrag och kantzon fördelad på trädslag på Villingsbergs skjutfält. Redovisad som medelvärden med SE.

Det genomsnittliga antalet LWD var påtagligt skilt mellan vattendrag och kantzoner med betydligt högre antal LWD i vattendrag (Figur 11). Medelantalet LWD i vattendrag var 1 096 bitar LWD/ha vattendrag medan motsvarande siffra för kantzoner var 77,97 LWD/ha kantzon. Antalet LWD per areaenhet vattendrag var skild för strömordning 3 i förhållande till strömordning 1 och 2 i vattendrag. Ingen skillnad kunde ses mellan strömordningarna angående antal LWD per areaenhet kantzon. För parametern antal LWD/100 m var det stor skillnad mellan alla strömordningarna i vattendrag (Figur 12).



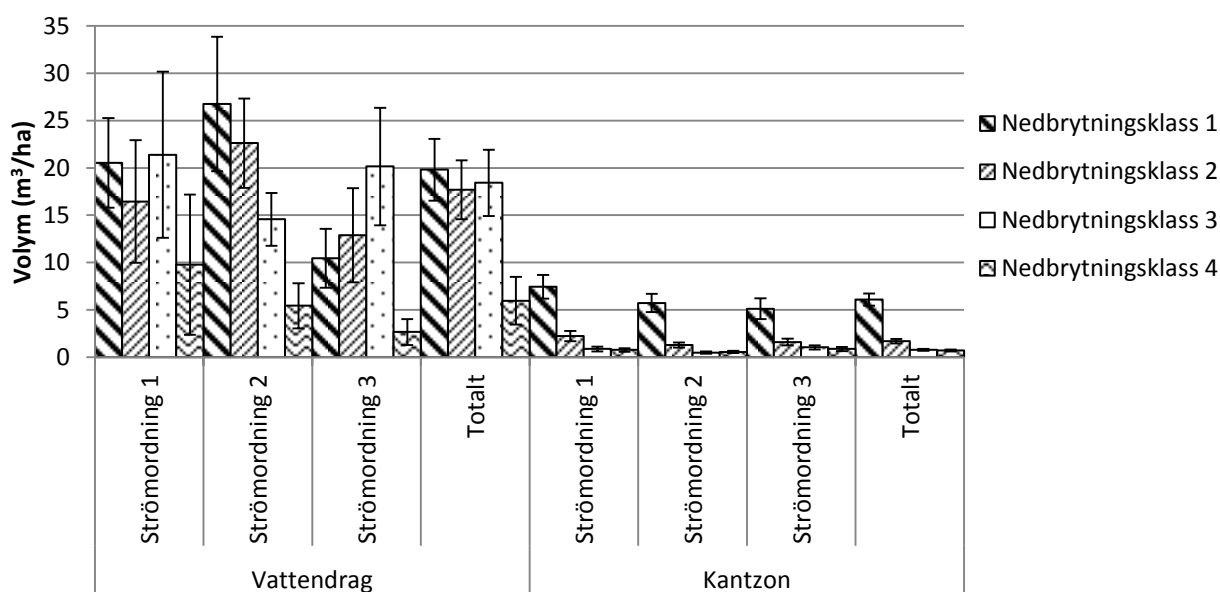
Figur 11. Antal bitar LWD per hektar i vattendrag respektive kantzon fördelad på strömordning på Villingsbergs skjutfält. Redovisad som medelvärden med SE.



Figur 12. Antal bitar LWD per 100 m vattendrag fördelad på strömordning på Villingsbergs skjutfält. Redovisad som medelvärden med SE.

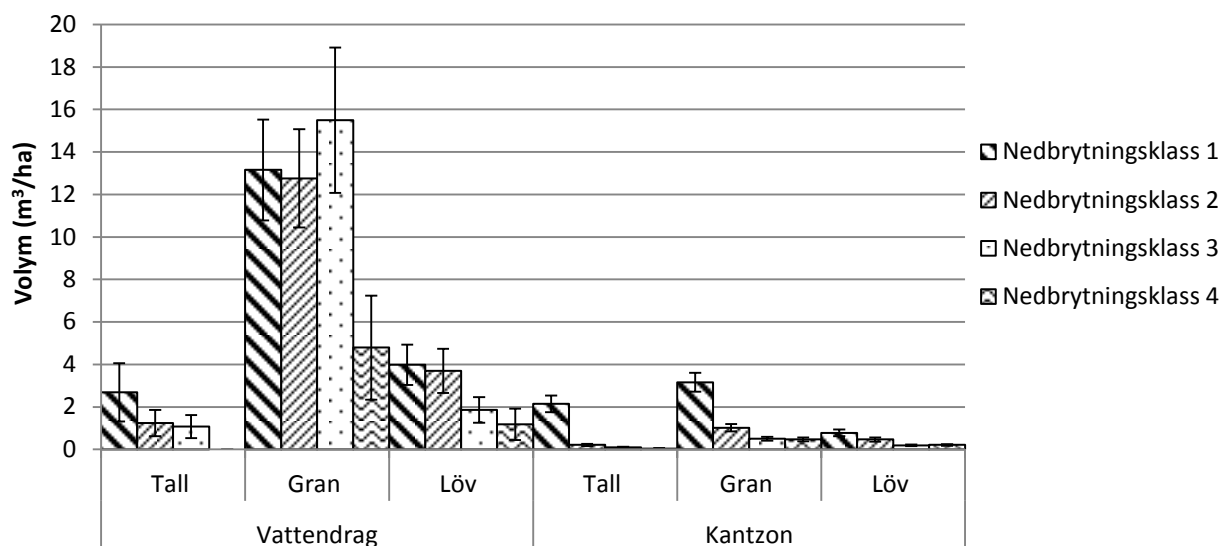
3.2 Nedbrytning av LWD

Volymen LWD fördelad på nedbrytningsklasser och strömordningar var enbart påtagligt skild mellan vattendrag och kantzoner för nedbrytningsklass 3 och 4 (Figur 13).



Figur 13. Volym LWD fördelad på nedbrytningsklass och strömordning i kantzoner respektive vattendrag för respektive strömordning på Villingsbergs skjutfält. Redovisad i medelvärden med SE.

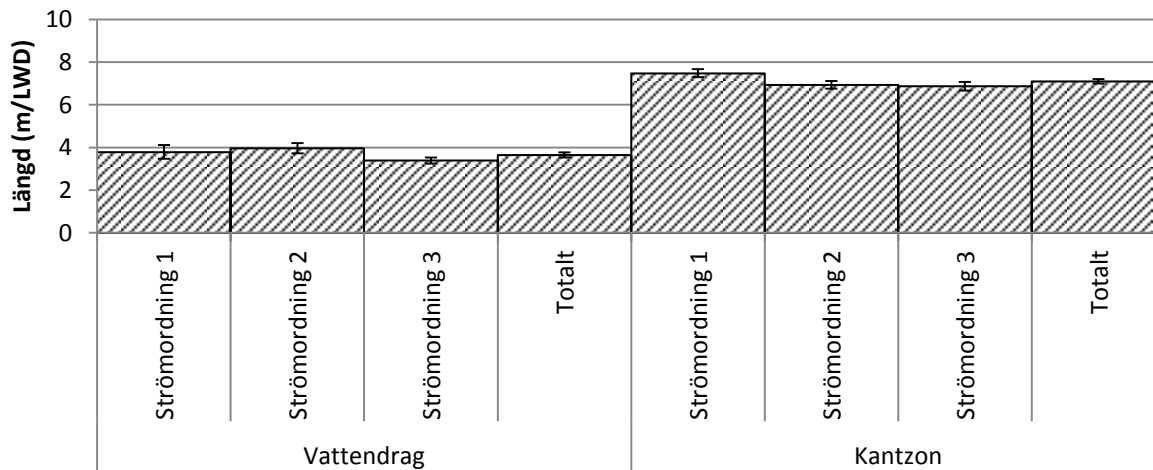
Volymen LWD fördelad på trädslag och nedbrytningsklasser var tydligt skild inom kantzoner samt inom vattendrag (utom för tall och löv i nedbrytningsklass 1) och även mellan vattendrag och kantzoner för alla trädslag (utom för tall i nedbrytningsklass 1 och 4 i kantzoner) (Figur 14). Gran dominerade i såväl vattendrag som kantzoner för alla nedbrytningsklasser.



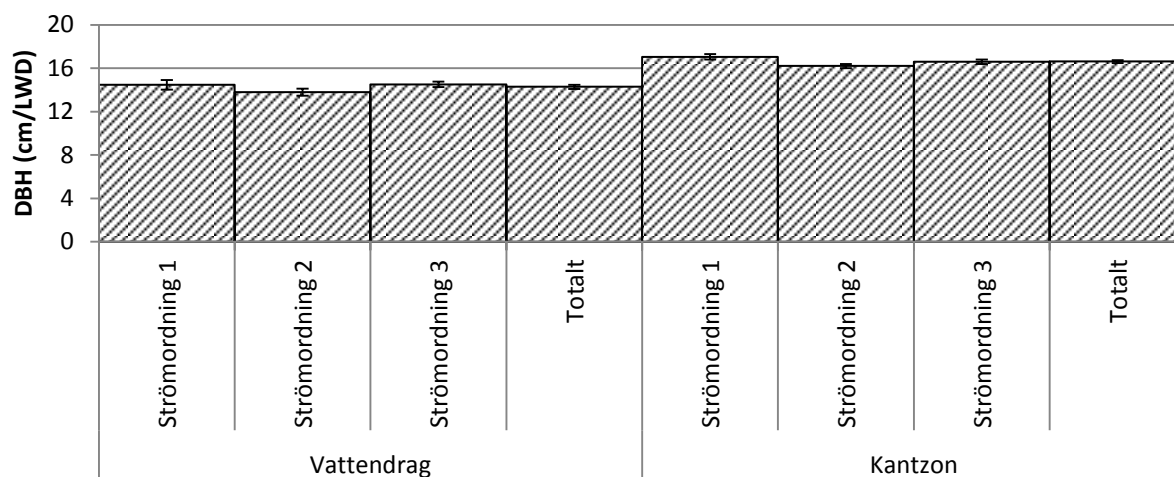
Figur 14. Volym LWD fördelad på nedbrytningsklass och trädslag för vattendrag respektive kantzoner på Villingsbergs skjutfält. Redovisad som medelvärden med SE.

3.3 Genomsnittlig LWD

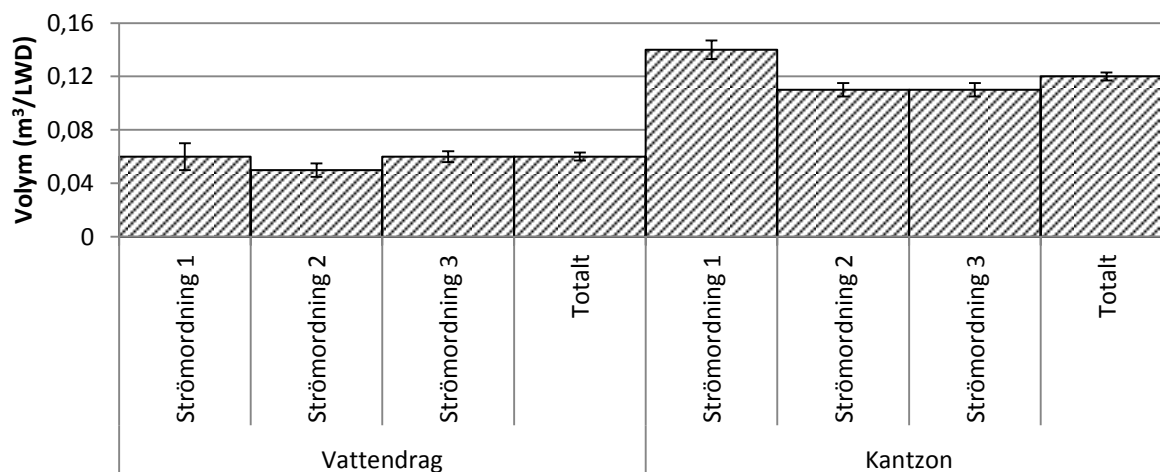
Såväl längd (Figur 15) och diameter (Figur 16) som volym (Figur 17) hos LWD var i genomsnitt högre i kantzoner än i vattendrag. I vattendragen var genomsnittlig diameter, längd och volym för LWD relativt oförändrad med ökande strömordning. I kantzon var den genomsnittliga diametern och längden relativt konstant med ökande strömordning medan volymen varierade.



Figur 15. Genomsnittlig LWD i vattendrag respektive kantzoner presenterat i längd på Villingsbergs skjutfält. Redovisad i medelvärden med SE.



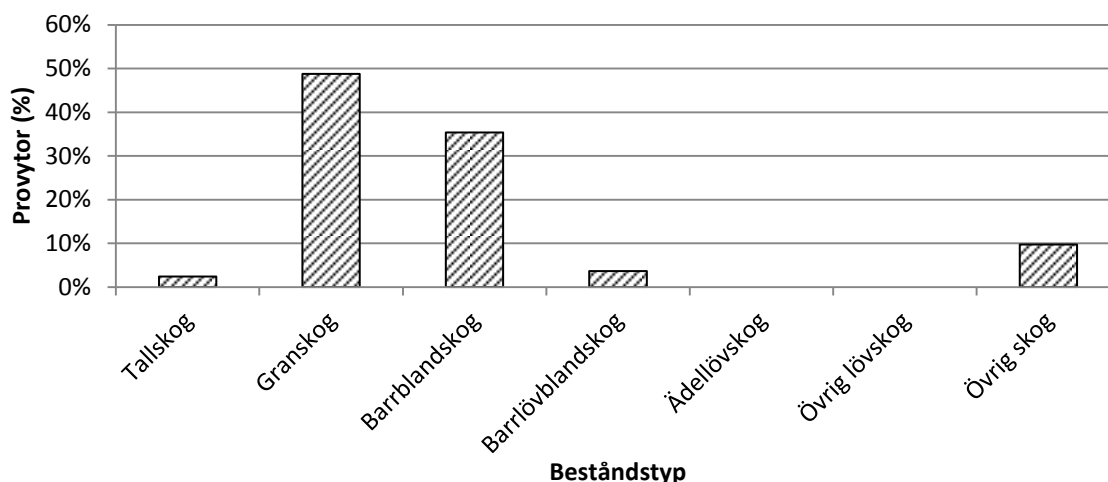
Figur 16. Genomsnittlig LWD i vattendrag respektive kantzoner presenterat i brösthöjdsdiameter (DBH) på Villingsbergs skjutfält. Redovisad i medelvärden med SE.



Figur 17. Genomsnittlig LWD i vattendrag respektive kantzoner presenterat i volym på Villingsbergs skjutfält. Redovisad i medelvärden med SE.

3.4 Beståndstypsfördelning i kantzoner

Skogen i kantzonen inom provytorna dominerades av granskog (Figur 18). Barrblandskog var näst vanligast förekommande medan andelen tallskog, lövskog och lövblandskog var lågt förekommande. Ädellövskog och övrig ädellövskog förekom inte alls i kantzonerna längs de inventerade vattendragen på Villingsbergs skjutfält.



Figur 18. Dominerande beståndstyp i kantzoner om 30 m på var sida om vattendraget för samtliga vattendrag på Villingsbergs skjutfält.

3.5 Blå målklassning och NPK+

Resultatet av Blå målklassning av de inventerade vattendragen på skjutfältet visar att 11 vattendrag klassats till VG (Vattenmiljö med generell hänsyn), 3 vattendrag till VF (Vattenmiljö med förstärkt hänsyn), 2 vattendrag till VS (Vattenmiljö med särskilda åtgärder) och ett vattendrag till VO (Vattenmiljö som lämnas orörd) (Bilaga 7). Resultatet av bedömningen av NPK+ på de inventerade vattendragen på Villingsbergs skjutfält visade generellt höga naturvärden med hänsyn till vattendragens förutsättningar att naturligt kunna hysa en naturlig flora och fauna samt hög mänsklig påverkan med avseende på att många mänskliga aktiviteter påverkar vattendrag såväl fysiskt, kemiskt som biologiskt (Bilaga 8).

Resultat från VISS visade på försurade vattendrag och sjöar som enligt den ekologiska statusen uppnår måttlig till otillfredsställande status avseende försurning och utgör ett preliminärt miljöproblem. Kalkningsåtgärder mot försurning av sjöar pågår. Vattendrag och sjöar på skjutfältet uppnår enligt VISS med god tillförlitlighet ej godkänd kemisk status enligt preliminära statusklassningar 2015 (Länsstyrelsen Kalmar 2014). Bland annat uppvisar sjön Kärmen på skjutfältet höga kvicksilverhalter i gädda med 0,55-1,3 mg Hg/kg färskvikt från provtagningar 2012 och tidigare provtagningar (1973, 1979 och 2001) har visat på betydligt högre koncentrationer (Naturvårdsverket 2012). EU:s fastställda gränsvärden för gädda är 1,0 mg hg/kg färsk fisk (Petersson- Grawè m.fl. 2007). Skjutfältet präglas även av höga TOC-värden som visar organiskt kolinnehåll (Länsstyrelsen Kalmar 2014).

3.6 SWOT-analys av Blå målklassning och NPK+

Styrkor

- Tydliggör viktiga strukturer och värdefulla värden i vattenmiljöer.
- Ökar hänsynstagandet vid skogsbruksåtgärder.
- Bidrar till att minimera skogsbrukets effekter på vattenkvaliteten och till att uppfylla vattendirektivets mål genom att identifiera marker som till exempel kan förorsaka övergödning eller slamtransport.

- Tydliggör skogssektorns eget ansvar för vattenfrågorna och ge bevis på att skogssektorn arbetar med vattenfrågor.
- Utgör underlag för naturvärdesbedömningar.
- Utgör underlag för miljömålsuppföljning.
- Blå målklassning och NPK+ korrelerar positivt med antalet fiskarter (Ingemarsson 2012, Nordin 2012).
- Bedömningspunkten *Klart vatten* under kategorin *påverkan* är relevant för att påvisa vattenkvalitet (Lestander 2014).
- Vid stora variationer mellan vattendrag uppfylls syftet att bedöma vattenkvalitet med avseende på vattenkemi (Lestander 2014).
- Utgör underlag för EU:s ramdirektiv för vatten.
- Bidrar till vattendirektivens mål genom att uppmärksamma behovet av extra hänsyn vid erosionskänsliga marker och blöta kantzoner (Lestander 2014).
- Tar hänsyn till såväl ekologiska som sociala och kulturella värden.
- Utgör ett enkelt och rationellt verktyg (Pers. komm. Engdahl Wevel, 2014-10-30).

Möjligheter

- Kan identifiera värdefulla värden i vattendrag och närmiljön (Pers. komm. Engdahl Wevel, 2014-10-30).
- Kan skapa mål och syften för vattendrag.
- Kan underlätta planeringen av åtgärder i vattendragens närmiljö.
- En förbättring av verktyget kan ske genom fler beskrivande bilder och konkreta exempel.
- Kan bli ett nationellt standardverktyg för klassning av vattendrag och dess närmiljö.
- Kan användas som underlag för bildande av naturreservat, Natura 2000-områden, nationalparker och rekreatiomsområden m.m.
- Kan identifiera områden lämpliga för sportfiske och turism.
- Kan leda till en minskning av skogsbrukets påverkan på vattendrag genom ökad vattenhänsyn.
- Kan tydliggöra och definiera *intressanta arter* som kan förekomma vid vattendrag.
- Kan ge större medvetande hos markägare och därmed ett större intresse för vattenrelaterade frågor i skogsbruket.
- Totalsummorna för *naturvärde*, *påverkan* och *NPK+* skulle kunna användas för att indikera vattenkemiska förhållanden (Lestander 2014).
- Kan leda till förbättrad bedömning av *försurning* och *övergödning* mer tillförlitligt underlag genom NPK+-protokollet (Lestander 2014).
- Kan utgöra underlag för åtgärdsplaner för fiskevård, skogsbruk och vägplanering.
- Kan utgöra underlag för att optimera den biologiska återställningen av vattendrag.

Svagheter

- NPK+ medger tidsmässig och rumslig flexibilitet, en osäkerhet finns angående verktygets tänkta rumsliga skala. Exempelvis har kategorin *7 LWD/100 m* en vitt skild

rumslig skala jämfört med kategorin *övergödning* i vattendrag. Dessutom är det oviss om kategorin *vågtrummor* avser en provyta längs en bit av ett vattendrag eller hela vattendraget.

- Det finns en osäkerhet angående motivet till gränsvärdet i kategorin *7 LWD/100 m* vattendrag i NPK+.
- Det finns osäkerhet i NPK+ om kategorin *7 LWD/100 m* är tänkt som ett medelvärde för hela vattendraget eller för en provyta.
- Det finns osäkerhet angående kategorin *död ved* i NPK+ då även yngre skogar kan skapa död ved genom exempelvis självgallring eller olika skogsbruksåtgärder.
- Det finns en osäkerhet om kategorin *inga diken får mynna ut i vattendraget* i NPK+ gäller såväl vågdiken som skogsdiken och bäverdiken.
- Bedömningsparametern *klart vatten* i NPK+ bör delas upp i vattenfärg och grumlighet då de två parametrarna har olika effekter på ekologin (Lestander 2014).
- Kategorin *intressanta arter* i NPK+ innebär att verktyget är begränsat till jämförelser med vattendrag med liknande miljö och historia där dessa intressanta arter kan förekomma.
- Verktyget tar inte hänsyn till arters olika behov. Exempelvis har öring och bäver vitt skilda krav på funktionalitet, där funktionalitet i detta fall innebär hur stor del av landskapet som kan fungera som habitat beroende på arternas arealkrav och deras förmåga att förflytta sig mellan dessa habitatfläckar.
- Vattenkemin i vattendrag bedöms inte.
- Instruktionerna till NPK+-protokollet är inte tillräckligt väl beskrivna och motiverade då det finns utrymme för tveksamheter vid inventering i fält.
- Igenslamning, försurning och övergödning är svårbedömda med avseende på NPK+-protokollet (Lestander 2014).
- NPK+-protokollet är inte tillräckligt för att bedöma vattenkvaliteten när vattenkemin är mer likartad (Lestander 2014).
- Försurning och övergödning kan inte förklaras utifrån verktygen (Lestander 2014).
- Subjektiv bedömning kräver kalibrering av fältinventerarna för ett jämförbart resultat (Lestander 2014).
- Verktygen tillåter inkonsekvens genom subjektiv bedömning.
- Verktygen använder inte referensförhållanden.

Risker/hot

- Svårbrutna inarbetade rutiner inom skogsbruket medför risk att implementering av verktygen motarbetas (Pers. komm. Engdahl Wevel, 2014-10-30).
- Konkreta förslag på skogliga åtgärder och planering saknas vilket exempelvis kan vara ett hot för relevanta restaureringsåtgärder.
- Ingen förklaring finns till hur de identifierade värdena bevaras/skapas på bästa möjliga sätt vilket medför en risk att dessa inte bevaras/skapas på ett sätt som gynnar värdena.
- Ett hot mot användningen av verktygen är om vattenfrågor får mindre uppmärksamhet inom skogsbruket och därmed bortprioriteras eller glöms av.

- Ett annat hot mot användningen av verktygen är vinstmaximering och effektivisering inom skogsbruket vilket leder till tids-, informations- och kunskapsbrist, som i sin tur exempelvis kan öka en negativ påverkan på vattendragen.
- En risk är att inställningen till vattenhänsyn är negativ som exempelvis att den anses "olönsam" "till ingen nytta" eller "ger inte tillräckligt med resultat för pengarna" vilket kan medföra att verktygen inte används så att vattenhänsyn tas.
- En risk är att fältblanketten tar för lång tid att fylla i och därmed bortprioriteras.
- Det är planeraren som använder sig av verktyget men det är maskinlagen som utför skogsbruksåtgärder, vilket försvårar att budskapet når ända fram och risken finns att information går förlorad (Pers. komm. Engdahl Wevel, 2014-10-30).
- En risk med att verktyget inte tar hänsyn till hur vattendrag är sammankopplade kan påverka arter som vandrar i vattendrag negativt, exempelvis öring.
- En risk är att intressanta arter kan vara svåra att upptäcka i fält, särskilt under fel tidpunkt under fältsäsongen, vilket medför att viktig information kan gå förlorad.

4. Diskussion

4.1 Volym och antal LWD

Det finns en nästan lika hög volym död ved i vattendrag på Fortifikationsverkets marker som i vattendrag i naturreservat bestående av gammal skog. Däremot förekommer en betydligt högre volym död ved i vattendrag på Fortifikationsverkets marker än i vattendrag i skött skog i norra Mellansverige (Dahlström & Nilsson 2006). Antalet bitar död ved i vattendrag på skjutfältet stämmer bra överens med antalet bitar död ved i vattendrag i skött skog i norra Mellansverige. Däremot förekommer det betydligt fler bitar död ved i vattendrag i naturreservat än på Fortifikationsverkets marker. Detta tyder på att bitar av död ved i vattendragen på Villingsbergs skjutfält är färre, men att vedbitarna i sig har en större volym än död ved i vattendrag i naturreservat. Dahlström m.fl. (2005) visade på ett högre antal död ved per 100 m vattendrag i vattendrag utan historisk flottningspåverkan i Jämtlands län än resultatet i denna studie (Figur 9). Såväl Degerman m.fl. (2005) som Degerman m.fl. (2004) visade på ett lägre antal död ved i vattendrag i Sydsverige (småländska höglandet) respektive för hela Sverige än denna studie för Villingsbergs skjutfält. Resultat från Nordamerika visar på blandade resultat då Murphy & Koski (1989) visat på ett högre antal bitar LWD per 100 m vattendrag än i denna studie medan antalet LWD per areaenhet i vattendrag presenterat i Montgomery m.fl. (1995) och antal bitar LWD per 100 m vattendrag (Kreutzweiser m.fl. 2005) inte kan skiljas från resultat i denna studie.

Volymen LWD i kantzoner på Villingsbergs skjutfält är inte påtagligt skild från volymen död ved i kantzoner i skött skog i norra Mellansverige (Dahlström och Nilsson 2006). Däremot var volymen död ved betydligt högre i kantzoner i naturreservat (Dahlström och Nilsson 2006) än i kantzoner på Villingsbergs skjutfält. Även Dahlström m.fl. (2005) visade på en högre volym död ved i kantzon samt ett betydligt lägre antal död ved i kantzoner i skogsbrukad skog längs vattendrag i Jämtlands län än på Villingsbergs skjutfält. Den låga volymen död ved i kantzoner, men en nästan lika hög volym död ved i vattendrag på Villingsbergs skjutfält som naturreservat, tyder på att veden stannar kvar längre i vattendrag på Villingsbergs skjutfält än i naturreservat. Dahlström & Nilsson (2006) kunde inte påvisa någon statistisk skillnad mellan volym död ved i vattendrag och kantzon vilket Dahlström m.fl. (2005) kunde. Studien på Villingsbergs skjutfält visar på en betydligt högre volym död ved i vatten än på land (Figur 8). Detta tyder likaså på en lång uppehållstid för död ved i vattendrag på Villingsbergs skjutfält. Studeras enbart medelvärden är volymen LWD per areaenhet 5-9 gånger högre (Figur 8) och antalet LWD per areaenhet 10-18 gånger högre (Figur 11) i vattendrag än kantzon i denna studie.

En större volym LWD i vattendrag än i kantzoner på Villingsbergs skjutfält kan bland annat bero på en långsammare nedbrytning av LWD i vatten och en låg mobilitet av LWD i vattendrag eller att det ligger kvar död ved i vattnet från ett tidigare mer virkesrikt bestånd. Detta kan signalera att den fluviala dynamiken i de mindre vattendragen på skjutfältet inte är så våldsamt med förhållandevis modesta flödestoppar som inte förmår att flytta den grövre döda

veden nedströms. Den betydligt högre volymen och antalet LWD i vattendrag än kantzon på Villingsbergs skjutfält visar att de LWD som tillförs vattendrag till stor del stannar där. Tillförseln av död ved torde vara lika stor i kantzon som till vattendrag, vilket tyder på att död ved bevaras bättre i vattendrag. Eftersom det tar längre tid för död ved att brytas ned i vatten kan dessa kvarstå längre i vattendrag än på land. Bisson m.fl. (1987) konstaterade att storleken och dimensionerna hos LWD har en stor betydelse för dess påverkan på vattendrag genom att påverka vedstabiliteten i vattendraget och därmed även vattendragsmorfologin. Detta kan bero på att grövre ved lättare fastnar och skapar ett ”trögare” system med större variation och dessutom medför en längre uppehållstid i vattendraget än klenare dimensioner av LWD.

Vid jämförelse mellan studier påverkar bredden på kantzonen resultatet av mängden död ved i vattendrag. För att upprätthålla en hög volym LWD per areaenhet krävs många fler bitar LWD i en kantzon på 30 m än i exempelvis en kantzon om 10 m. Läget som LWD har i en kantzon registrerades inte i denna studie vilket inte gör det möjligt att fastställa skillnaderna, mer än hypotetiskt. Ju bredare kantzon desto större effekt av skogsbruk kan tänkas i kantzon, vilket kan påverka såväl volymen som antalet LWD. Vid jämförelse med andra studier ska även beaktas att det förekommer olika definitioner för död ved, formler för volymuträkning av död ved, inventeringsmetoder samt olika vattendragsbredder. Att direkt översätta kunskap från Nordamerika till Sverige bör göras med stor försiktighet då det är stora skillnader i trädslag och deras egenskaper, vattenflödesregimer, skogshistoria och dynamik samt klimat och geologi mellan dessa regioner.

Resultat av denna studie visar på en trend av minskad volym och minskat antal LWD per areaenhet i vattendrag med ökad strömordning, vilket tidigare studier också påvisat i Nordamerika (Lienkaemper & Swanson 1987; Robinson & Beschta 1990a,b; Lawrence m.fl. 2013). Däremot ökade såväl volym som antal LWD per 100 m vattendrag med ökad strömordning i denna studie medan Costigan & Daniels (2013) och Robinson & Beschta (1990a, b) fann att antalet bitar död ved per 100 m vattendrag minskade och volymen död ved per 100 m vattendrag ökade med ökad strömordning. Anledningen till minskad volym och antal LWD per areaenhet kan bero på att arean vattendrag ökar med ökad strömordning vilket gör att volymen och antalet LWD späds ut. Att volymen och antalet bitar LWD per 100 m vattendrag ökade med ökad strömordning kan bero på, som tidigare nämnt, att vattenarean per 100 m ökar och kan därmed hålla mer LWD än en mindre vattenarea per 100 m vattendrag. Anledningen till att Costigan & Daniels (2013) och Robinson & Beschta (1990a, b) fann ett minskat antal bitar död ved men ökad volym per 100 m vattendrag med ökad strömordning kan bero på att vattendragen var breda och att det högre vattenflödet därmed lättare transporterade bort död ved i vattendrag av de högre strömordningarna och enbart de stora bitarna LWD (vilket genererar mycket volym) blev kvar.

Resultat i denna studie visar att i vattendrag på skjutfältet domineras volymen LWD signifikant av trädslaget gran (Figur 10), vilket även gäller för kantzoner (utom för strömordning 3 i kantzoner vilka domineras av tall på Fortifikationsverkets marker i studieområdet). Dahlström & Nilsson (2006) visade att gran var det vanligaste trädslaget för död ved i vattendrag omgiven

av gammal skog i norra Mellansverige vilket stämmer bra överens med denna studie (utom för strömmordning 3 i kantzon). Däremot visade Dahlström m.fl. (2005) att tall dominerade i vattendrag i Jämtlands län och att björk dominerade volymen död ved i kantzoner, vilket inte stämde överens med resultaten i denna studie (utom för strömmordning 3 i kantzon). Det dominerande trädslaget i kantzonerna i denna studie stämde överens med data för riksgenomsnittet av beståndstyp i skog där granskog dominerar (Nilsson m.fl. 2014). Däremot förekom högre volym gran i kantzoner i denna studie än i för genomsnittet död ved i skogarna i Sverige (Nilsson m.fl. 2014).

Volymen LWD i kantzoner på Villingsbergs skjutfält är betydligt högre än för genomsnittlig volym död ved i skogarna i Svealand och Sverige (Nilsson m.fl. 2014). Volymen död ved i kantzoner på Villingsbergs skjutfält är i medeltal 0,4-3,61 m³/hektar (5-47 %) högre än för genomsnittet i skogarna i Sverige (Nilsson m.fl. 2014) vilket innebär att det förekommer en högre mängd död ved i kantzoner på Fortifikationsverkets marker än i den omgivande skogen.

En svårighet med att öka mängden död ved i vattendrag kan vara att samtidigt bedriva praktiskt skogsbruk. Färskt virke som tillförs vattendrag eller i kantzoner utgör risk för utbrott av skadeinsektsangrepp, vilket gör att sådana insatser är svåra att kombinera med praktiskt skogsbruk. Virkesmängderna som krävs är dock så små att risken torde vara försumbar. Dessutom behöver man inte tillföra färskt virke utan kan lämna en bredare kantzon för fri utveckling med ett högre inslag av naturlig succession av framförallt lövträd. En ökning av död ved i vattendrag medför också en ekonomisk konsekvens. En modellstudie visade att om 25 m breda kantzoner lämnas orörda mot våra svenska vattendrag minskade lönsamheten (nuvärdet) för skogsbruket med 10 % på fastighetsnivå medan en hyggesfri skötsel med återkommande höggallringar i den 25 m breda kantzonen minskade lönsamheten med 2 % på fastighetsnivå (Holmström m.fl. 2014). Detta jämfört med traditionellt trakthyggesbruk där även en del träd lämnas i kantzonen men då inom den generella hänsynen på 2,5 % av arealen i bestånd med målklassen PG (produktion med generell naturhänsyn) eller 10 % av arealen i bestånd med målklassen PF (Produktion med förstärkt naturhänsyn) (Holmström m.fl. 2014).

En underlåtethet att bidra till en god ekologisk status av vatten skulle kunna relateras till överträdelser av vattendirektivet 2000/60/EG, uteblivna ekosystemtjänster och avvikelser mot FSC certifikat. En utebliven god ekologisk status av vatten skulle kunna leda till överträdelse av vattendirektivet. Enligt direktivet ska medlemsstaterna bestämma vilka påföljder som följer av överträdelse av de nationella bestämmelser som antas till följd av detta vattendirektiv. Påföljderna som föreskrivs ska vara effektiva, proportionella och avskräckande (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG, EGT L 327, 22.12.2000, ss. 1-77). Kostnaderna som uppstår som en följd av arbetet med att försöka uppnå vattendirektivets mål kan ställas i relation till de bötesbelopp som kan väntas från EU om målen inte uppnås.

Många ekosystemtjänster är knutna till vattendrag, bland annat dricksvatten, livsmedel från sötvattenorganismer, utspädning, infångning och återcirkulation, upprätthållande av livscyklar, skydd av habitat och genpooler och möjlighet till rekreationsaktiviteter (Naturvårdsverket

2012). Att ta bort träd och vegetation längs vattendrag ger en negativ påverkan på vattendrag. Död ved i vatten, beskuggning samt föda från miljön närmast vattnet medverkar till att upprätthålla livscyklar, skapa och skydda habitat som större och mera varierade genpooler. Borttagandet av träd och buskar längs vattendrag kan även öka utflödet av närsalter, sediment och miljögifter till vattendraget. Även rekreation är i hög grad anknuten till en hög biologisk mångfald (Naturvårdsverket 2012). Det samhällsekonomiska värdet av ekosystemtjänsten rent vatten i Mälaren är beräknat till 127 miljarder kr/år och för Vombsjön i Skåne till ungefär 1,6 miljarder kr/år (Löfmarck & Svensson 2014).

I slutet på år 2011 var 11 581 910 ha produktiv skogsmark i Sverige FSC certifierat (Forest Stewardship Council Sweden 2011). Detta motsvarar ungefär 51 % av den totala produktiva skogsarealen i Sverige. Enligt FSC skogsbruksstandarder i Sverige ska bland annat markberedning inte utföras i kantzoner mot vatten eller på blöta marker (Forest Stewardship Council 2014). Större skogsbrukare (innehav av mer än 1 000 ha produktiv skogsmark) ska ha rutiner som medför att åtgärder längs exempelvis vattendrag främjar ett kontinuerligt beskogande i övergångszoner och om möjligt ska dessa övergångszoner vara skiktade samt topografiskt, hydrologiskt och ekologiskt betingade (Forest Stewardship Council 2014). Avvikelser mot FSC-standarden kan leda till tillfälligt indrag av certifikatet eller avslut av certifikatet (Forest Stewardship Council u.å.).

Enligt Skogsstyrelsens framtagna målbilder för god miljöhänsyn i skogen, kan hänsynen till vatten variera beroende på de olika förutsättningar som finns (Skogsstyrelsen 2014a). Det framhävs att det viktiga är en avgränsad kantzon så att funktionen för att bevara vattenkvalitet och vattnets biologiska värden kan upprätthållas över tid (Skogsstyrelsen 2014a).

4.2 Nedbrytning av LWD

Generellt sett kan en minskad volym LWD ses med ökad nedbrytningsklass för kantzoner, men för vattendrag fanns enbart en sådan trend för strömordning 2 i denna studie. I vattendragen varierar den dominerande nedbrytningsklassen, där LWD i strömordning 1 och 3, med sin högre nedbrytningsgrad, tyder på en längre vistelse i vatten. LWD i strömordning 2, samt totalen (alla i denna studie inventerade vattendrag), visar på en tillförsel av LWD relativt nära i tiden då vedens grad av nedbrytning är låg. Resultat från Nordamerika visade däremot på en högre andel död ved i vattendrag med ökad nedbrytningsklass (Bataineh & Daniels 2014; Murphy & Koski 1989) vilket inte stämde överens med resultatet i denna studie. Anledningen till detta kan bland annat vara indelningen i nedbrytningsklasser, då denna studie använde samma indelning som används nationellt vid inventering av död ved på land i Sverige.

Ett stegbaserat klassificeringssystem, som användes i denna studie, har sina begränsningar genom en subjektiv indelning av ved i nedbrytningsklasser, brist vid mätningar i fält med avseende på sambandet mellan vedens morfologi och nedbrytningsklass samt en svår uppskattning av tiden sedan veden dog såväl inom som mellan nedbrytningsklasser, vilket konstaterades även i Bataineh & Daniels (2014). Riksskogstaxeringens indelning av nedbrytningsklasser är inte anpassade för nedbrytning av ved i vattendrag, som ter sig lite

annorlunda gentemot ved på mark (exempelvis Aumen m.fl 1983; Abbott & Crossley 1982; Harmon m.fl 1986). Detta gör att klassifikationssystemet inte är optimalt att använda vid klassificering av nedbrytning av ved i vatten. Anledningen till att detta klassifikationssystem ändå används är för att kunna jämföra resultaten i vattendrag med kantzoner samt med Riksskogstaxeringens data.

I kantzoner dominerar volymen LWD i nedbrytningsklass 1 på Villingsbergs skjutfält. Detta tyder på att den större andelen av LWD i kantzoner på skjutfältet är tillförd relativt nära i tiden eftersom mer än 90 % av stammens volym bestod av hård ved med hård mantelyta (som är kriteriet för denna nedbrytningsklass). Minskande volym LWD med ökande nedbrytningsklass i vattendrag visar på en historia av dålig tillförsel av död ved som förbättrats de senare åren. Med tanke på den låga tillförseln av död ved i kantzoner som uppvisades i resultatet tyder detta på att orsaken till en högre volym LWD i vattendrag är en längre uppehållstid. En lång uppehållstid av död ved i vattendrag har även konstaterats i Swanson m.fl. (1976), Swanson & Lienkaemper (1978) och Dahlström m.fl. (2005). Dock är nedbrytningshastigheten av död ved snabbare i kantzon än i vatten (Dahlström & Nilsson 2006), vilket kan innebära att ved som är förmultnad i kantzoner fortfarande inte är förmultnad i vattendrag. Detta kan också vara en orsak till den högre volymen LWD i vattendrag jämfört med i kantzoner. Död ved i vatten är en stabilare miljö än på land vilket medför att död ved inte behöver tillföras vattendrag lika ofta som i kantzon. Dock behövs en kontinuerlig tillförsel av död ved i vatten precis som på land för att upprätthålla de strukturer död ved skapar i vattendrag.

Volymen LWD i nedbrytningsklasserna 2-4 i kantzoner på Villingsbergs skjutfält stämmer överens med värden redovisade för Svealand samt riksgenomsnittet (Nilsson m.fl. 2014). Däremot är volymen LWD i nedbrytningsklass 1 för kantzoner på Fortifikationsverkets marker är högre än volymen död ved i genomsnitt i Sveriges skogar (Nilsson m.fl. 2014). Volymen LWD fördelat på trädslag visar att gran är det vanligaste trädslaget i samtliga nedbrytningsklasser i vattendragen och i kantzonerna (Figur 14). En förklaring till detta mönster är att skogen i kantzonerna domineras av granskog (Figur 18), vilket högst troligt har sin förklaring i naturlig succession, och beståndet har därmed större potential att generera mer LWD av gran än av tall eller löv.

4.3 Genomsnittlig LWD

Längd (Figur 15), diameter (Figur 16) och volym (Figur 17) hos genomsnittlig LWD i vattendrag var relativt oförändrad med ökad strömordning på Villingsbergs skjutfält. Genomsnittlig diameter och längd för LWD i kantzoner var relativt konstant med ökad strömordning medan volym varierade. Den genomsnittliga volymen för en bit LWD var 100 % högre i kantzonerna än i vattendrag, för längd och diameter var motsvarande siffra dryga 95 % respektive 16 %. Eftersom sannolikheten för träd att falla i vattnet är stor inom ett avstånd på 1 m (Murphy & Koski 1989; Naiman m.fl. 2002) torde träden som växer på det avståndet till vattendraget att vara klenare än skogen längre in i kantzonen. En annan möjlig förklaring är att träd från kantzoner faller till marken men enbart kronan, eller delar av stammen med grenar, når vattendraget vilket resulterar i att en stor del av stammen aldrig faller i vattendraget utan

stannar på land i kantzonen. Därmed blir även genomsnittlig volym per LWD också högre i kantzoner än i vattendrag. Den låga tätheten av och storleken på LWD i vatten är relaterat till storleken på träden i kantzonen (Kreutzweiser m.fl. 2005).

Tidigare studier har visat att LWD är längre i vattendrag av strömordning 3 än i strömordning 1 (Kraft m. fl. 2002; McDade m.fl. 1990) dock visar denna studie snarare på det motsatta mönstret. Robinson & Beschta (1990a) visade på en påtagligt högre genomsnittlig diameter samt volym per bit död ved i vattendrag i USA än för vedbitar i såväl vattendrag som kantzoner på Villingsbergs skjutfält. Genomsnittlig längd per död ved var dessutom högre för LWD i vattendrag i Robinson & Beschta (1990a) än i denna studie.

På Villingsbergs skjutfält finns en större dimension (diameter, längd och volym) LWD i kantzoner än i vattendrag. Detta innebär att för att kunna skapa grov död ved i vattendrag krävs ännu grövre träd i kantzonen än de dimensioner som är önskvärda för naturlig tillförsel i vattendrag. I rekommendationer för utformning av kantzoner bör man ha i åtanke att volymen genomsnittlig död ved i kantzoner är ungefär dubbelt så stor som volymen genomsnittlig död ved i vattendrag. De träd som ska tillföras vattendrag och bilda död ved måste finnas i kantzonen och teoretiskt ha möjlighet att nå vattendraget. Skötseln i kantzoner kommer alltså att vara grundläggande för den framtida skogen i kantzoner och framförallt den framtida tillförseln av LWD till vattendrag.

Att höggallra i kantzonerna, vilket ekonomiskt utreddes i modelstudie i Holmström m.fl. (2014), skulle innebära att de grövre träden avlägsnas. Detta medför att dimensionerna på LWD i vattendrag skulle minska över tid, då inga grova träd naturligt kan tillföras vattendraget från omgivningen. Detta skapar då en större brist på LWD i vattendrag än om kantzonen inte gallrats. Istället vore det lämpligare, baserat på resultaten i denna studie, att lämna en orörd kantzon mot vattendrag och därmed låta träden bli grova, gamla och naturligt skapa död ved. Bredden på kantzoner kan givetvis diskuteras. Dock fann Dahlström & Nilsson (2006) att cirka 80 % av antalet LWD i vattendrag hade ursprung inom 10 meters avstånd från vattendrag. Detta kan därför anses vara en lämplig bredd och som borde säkra tillförseln av död ved i vattendrag. Dock är det inte rimligt att en 10 meter bred kantzon ska lämnas mot varje vattendrag då detta exempelvis är ekonomiskt kostsamt, men synsättet underlättar för rekommendationer för det praktiska skogsbruket avseende hänsyn till vattendrag.

4.4 Beståndstypsfördelning i kantzoner

Den vanligast förekommande beståndstypen i kantzon på Villingsbergs skjutfält är granskog (Figur 18). Det förekommer en avsevärt högre andel granskog och barrblandskog i kantzon på Fortifikationsverkets marker jämfört med beståndstypen för skog i såväl Svealand som Sverige (Nilsson m.fl. 2014). Andelen tallskog är betydligt lägre i kantzonerna på Villingsbergs skjutfält jämfört med skogarna i såväl Svealand och landet (Nilsson m.fl. 2014). Det förekommer ingen ädellövskog eller övrig lövskog på Villingsbergs skjutfält och andelen barrlövblandskog är något lägre än för Svealand och Sverige (Nilsson m.fl. 2014). Motsvarande andelen övrig skog i denna studie finns inte i Nilsson m.fl. (2014).

I denna studie mättes och uppskattades död ved inom en 30 m bred zon på båda sidor om vattendraget, vilket i många fall innebär att såväl en ridå av skog närmast vattendraget samt den (i många fall) homogena skogen längre ifrån vattendraget inkluderades. En stor andel av skogen runt om vattendragen bestod av trädslagen gran eller tall, medan det förekom en större andel lövträd närmast vattendraget. I och med en bred kantzon, blir andelen löv liten och otillräcklig för att klassas som barrlövblandskog eller övrig lövskog samt att andelen granskog och barrblandskog blir hög. Barrträd bryts ned långsammare än lövträd, vilket innebär en stabilare miljö under en längre tid. Enligt Skogsstyrelsens målbilder för funktionella kantzoner rekommenderas att öka mängden lövträd i grandominerade bestånd (Skogsstyrelsen 2014a). Detta är en åtgärd som skulle kunna genomföras för att öka artrikedomen och fisk i vattendragen på Villingsbergs skjutfält då granskog dominerar kantzonerna.

4.5 Blå målklassning och NPK+

Inventering med verktygen Blå målklassning och NPK+ går relativt snabbt, det som tar tid är att fastställa parametrarna: *förekomst av värdearter* (såsom rödlistade arter, stormusslor, laxfiskar och flodkräftor), *omfattande försurning*, *omfattande övergödning* och *restaureringsåtgärder* som kalkningspåverkan. Detta skulle kunna effektiviseras genom att exempelvis utöka VISS kartfunktion med förekomst av värdearter. Det skulle innebära att alla dessa parametrar finns samlade på ett ställe. De blir då lättöverskådliga inom ett önskat område vilket förenklar och tidseffektiviserar arbetet.

Alla parametrar i verktyget NPK+ är inte lätta att fastställa i fält utan kräver informationsinhämtning från annat håll. Detta ställer kvar på att det finns information att tillgå längs de vattendrag som ska bedömmas. Dessutom kan det behövas utbildning för dem som ska använda verktyget för att känna igen arter och var dessa kan förväntas finnas. Trots att verktyget främst fokuserar på strukturer lämnas inte artfokuseringen helt då både parametrarna *värdearter* och *förekomst av intressanta arter* finns. Dessa parametrar har varit svåra att ta reda på i denna studie eftersom data för såväl stormusslor som laxfiskar saknas för Villingsbergs skjutfält då detta område bland annat inte har elfiskats. Vidare är vattendrag och sjöar på Villingsbergs skjutfält försurade och innehåller höga värden av kvicksilver. Detta bör beaktas vid skogsbruksåtgärder, särskilt i anslutning till myrar och vatten. Körskador kan leda till läckage av kvicksilver och ökar därmed kvicksilverhalterna i vattendragen och sjöarna ytterligare.

En skogsbruksplan med blå målklassning kostar sannolikt mer att ta fram än en traditionell skogsbruksplan. Den högre kostnaden uppstår främst på grund av en större andel fältarbete. Dock kan planen ge en högre medvetenhet om vattendrag och dess omgivande miljö med avseende på bland annat känslighet, vilket kan leda till en bättre planering av skogsvårdsåtgärder i närheten av vattendrag. Risken för körskador i kantzoner och vattendrag kan reduceras och därmed också kostnader för reparation av körskador.

Blå målklassning och NPK+ är bra verktyg för att fastställa det nuvarande tillståndet för ett vattendrag och dess miljö. Verktygen bör användas så att hela vattendrag bedöms och inte delar av ett vattendrag. Miljökvalitetsmålet *Levande sjöar och vattendrag* innebär bland annat att bevara och utveckla natur- och kulturmiljövärden vilket Blå målklassning och NPK+ är bra verktyg för att finna, belysa och kunna ta fram åtgärder för. Verktygen stämmer även bra in på preciseringen av miljömålet att sjöar och vattendrag har vattenflöden och strukturer som ger potential till spridningsvägar och livsmiljöer för vilda djur- och växtarter, då exempelvis vandringshinder noteras. Däremot är det flera preciseringar av miljökvalitetsmålet *Levande sjöar och vattendrag*, exempelvis gynnsam bevarandestatus och genetisk variation samt ytvattentäckters kvalitet, som är svåra att ta reda på med verktygen Blå målklassning och NPK+.

5. Slutsatser

- Det förekom 5-9 gånger högre volym LWD i vattendrag jämfört med i kantzoner och 10-18 gånger högre antal LWD i vattendrag än i kantzoner på Fortifikationsverkets mark. I medeltal är volymen LWD i vattendrag 61,9 m³/ha medan motsvarande siffra var 9,28 m³/ha för kantzoner. Ingen större skillnad i volym LWD kunde urskiljas mellan strömordningarna i kantzon medan volymen LWD uppvisade en lite större skillnad mellan strömordning 2 och 3 i vattendrag.
- En minskad volym LWD i takt med ökad nedbrytningsklass fanns för LWD i kantzon men för LWD i vattendrag kunde det mönstret endast ses för strömordning 2 på Fortifikationsverkets mark. Dessutom är volymen LWD fördelad på nedbrytningsklasser och strömordningar enbart påtagligt skild mellan vattendrag och kantzoner för nedbrytningsklasserna 3 och 4. Gran är det dominerande trädslaget i såväl vattendrag som kantzoner för alla nedbrytningsklasser.
- För en genomsnittlig LWD var volymen 100 % högre i kantzoner än i vattendrag. För längd och diameter var motsvarande siffra drygt 95 % respektive 16 % på Fortifikationsverkets mark. Detta indikerar ett behov av att bevara och gynna utvecklingen av grövre träd i kantzoner och att inte utföra höggallring (avlägsna de grövre träden) i kantzoner, för att gynna en naturlig tillförsel av grov död ved till vattendrag.
- Den vanligast förekommande beståndstypen i kantzon på Fortifikationsverkets mark är granskog och det är en avsevärt högre andel granskog och barrblandskog i kantzonerna på Fortifikationsverkets marker jämfört med beståndstypen för skog i Sverige. Andelen tallskog är betydligt lägre i kantzonerna på Fortifikationsverkets mark jämfört med skogarna i landet och det förekommer ingen ädellövskog eller övrig lövskog på Fortifikationsverkets mark. Andelen barrlövblandskog är något lägre än för övriga Sverige.
- Verktøyen Blå målklassning och NPK+ har styrkorna att öka hänsyn till vattendrag och dess närliggande miljö samt tydliggöra skogssektorns eget ansvar för vattenfrågor. Möjligheterna för verktøyen är främst att tydliggöra viktiga strukturer och identifiera värdefulla värden i vattendrag dess närmiljö samt att utnyttja dem som nationella standardverktøy. De svagheter som finns är den subjektiva bedömningen, osäkerheten kring rumslig skala och otydliga kategorier utan motiveringar. De risker som finns är att verktøyen prioriteras bort då vinstmaximering och effektivisering leder till tids-, informations- och kunskapsbrist, kombinerat med svårigheten att bryta gamla vanor.

6. Källförteckning

Abbott, D. T. & Crossley Jr., D. A. (1982). Woody litter decomposition following clear-cutting. *Ecology*, Vol. 63, ss. 35-42.

Ahtiainen, M. & Huttunen, P. (1999). Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environmental Research*, ss. 101-114.

Anderson, N. H., Sedell, J. R., Roberts, L. M. & Triska, F. J. (1978). The Role of Aquatic Invertebrates in Processing of Wood Debris in Coniferous Forest Streams. *American Midland Naturalist*, Vol. 100, ss. 64-82.

Andersson, E.; Andersson, M., Birkne, Y., Claesson, S., Forsberg, O. & Lundh, G (red.) (2013). *Målbilder för god miljöhänsyn- En delleverans från Dialog om miljöhänsyn*. Jönköping: Skogsstyrelsen (Rapport 2013:5).

Andersson, S.-O. (1954). *Funktioner och tabeller för kubering av småträd Funktionen und Tabellen zur Kubierung kleiner Bäume* [Elektronisk]. Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut. Tillgänglig: <http://pub.epsilon.slu.se/9981/> [2014-09-30].

Aumen, N. G., Bottomley, P. J., Ward, G. M. & Gregory, S. V. (1983). Microbial Decomposition of Wood in Streams: Distribution of Microflora and Factors Affecting [14C] Lignocellulose Mineralization. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 46, ss. 1409-1416.

Bataineh, M. M. & Daniels, L. D. (2014). objective classification of largewood in streams. *Forest Ecology and Management*, Vol. 313, ss. 1-9.

Bergquist, B. (1999). *Påverkan och skyddszoner vid vattendrag i skogs- och jordbrukslandskapet : en litteraturöversikt*. Göteborg: Fiskeriverket.

Bilby, R. E. (1984). Removal of woody debris may affect stream channel stability. *Journal of Forestry*, Vol. 82, ss. 609-613.

Bilby, R. E. (2003). Decomposition and Nutrient Dynamics of Wood in Streams and Rivers. I: Gregory, S. V., Boyer, K. L. & Gurnell, A. M. (red), *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, ss. 135-148.

Bilby, R. E. & Likens, G. E. (1980). Importance of Organic Debris Dams in the Structure and Function of Stream Ecosystems. *Ecology*, Vol. 61, ss. 1107-1113.

Bisson, P. A., Bilby, R. E., Bryant, M. D., Dolloff, C. A., Grette, G. B., House, R. A., Murphy, M. L., Koski, K. V. & Sedell, J. R. (1987). Large woody debris in forested streams in the Pacific Northwest: past, present, and future. I: Salo, E. O. & Cundy, T. W. (red), *Streamside management : forestry and fishery interactions*. Seattle, Washington: Institute of Forest Resources, University of Washington, ss. 143-190.

Bleckert, S., Degerman, E. & Henrikson, L. (2013). *NPK+ och Blå målklassning- enkla verktyg för skoglig vattenplanering*. Solna: Världsnaturfonden WWF.

Brandel, G. (1990). *Volymfunktioner för enskilda träd : tall, gran och björk = Volume functions for individual trees : Scots pine (Pinus sylvestris), Norway spruce (Picea abies) and birch (Betula pendula & Betula pubescens)*. Diss. Garpenberg : Sveriges lantbruksuniversitet.

Buffington, J. M. & Montgomery, D. R. (1999). Effects of hydraulic roughness on surface textures of gravel-bed rivers. *Water Resources Research*, Vol. 35, ss. 3507-3521.

Costigan, K. H. & Daniels, M. D. (2013). Spatial pattern, density and characteristics of large wood in Connecticut streams: implications for stream restoration priorities in southern New England. *River Research and Applications*, Vol. 29, ss.161-171.

Dahlberg, A. & Stokland, J. N. (2004). *Vedlevande arters krav på substrat - sammanställning och analys av 3 600 arter*. Jönköping: Skogsstyrelsen (Rapport 2004:7).

Dahlström, N. (2005). *Function and dynamics of woody debris in boreal forest streams*. Diss. (sammanfattning) Umeå: Sundsvall: Dept. of Ecology and Environmental Science, Univ. ; Dept. of Natural Science, Mid Sweden Univ.

Dahlström, N., Jönsson, K. & Nilsson, C. (2005). Long-term dynamics of large woody debris in a managed boreal forest stream. *Forest Ecology and Management*, Vol. 210, ss. 363-373.

Dahlström, N. & Nilsson, C. (2006). The dynamics of coarse woody debris in boreal Swedish forests are similar between stream channels and adjacent riparian forests. *Canadian Journal Of Forest Research-revue Canadienne De Recherche Forestier*, Volym 36, pp. 1139-1148.

de Jong, J. & Almstedt, M. (Red.) (2005). *Död ved i levande skogar: hur mycket behövs och hur kan målet nås?* Stockholm: Naturvårdsverket (Rapport 2005:5413).

de Jong, J., Dahlberg, A. & Stokland, J. N. (2004). Död ved i skogen : hur mycket behövs för att bevara den biologiska mångfalden?. *Svensk Botanisk Tidskrift*, Vol. 98, ss. 278-297.

Degerman, E., Halldén, A. & Törnblom, J. (2005). *Död ved i vattendrag*. Solna: Världsnaturfonden WWF.

Degerman, E., Sers, B., Törnblom, J. & Angelstam, P. (2004). Large Woody Debris and Brown Trout in Small Forest Streams: Towards Targets for Assessment and Management of Riparian Landscapes. *Ecological Bulletins*, Vol. 51, ss. 233-239.

Dolloff, C. A. & Warren, JR., M. L. (2003). Fish Relationships with Large Wood in Small Streams. i: S. V. Gregory, K. L. Boyer & A. M. Gurnell, red. *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, ss. 179-194.

Enefalk, Å. (2014). *Effects of fine woody debris on juvenile brown trout (Salmo trutta) and drifting invertebrates*, Lic.-avh. Karlstad: Karlstads universitet.

Forest Stewardship Council Sweden. (2011-12-31). *FSC certifierad areal per certifikatstyp 2011* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://se.fsc.org/statistik-och-fakta.242.htm> [2015-01-25].

Forest Stewardship Council Sweden. (2014-10-16). *Svensk skogsbruksstandard enligt FSC med SLIMF-indikatorer* [Elektronisk]. Uppsala: Svenska FSC. Tillgänglig: <http://se.fsc.org/svensk-skogsbruksstandard.265.htm> [2015-01-25].

Forest Stewardship Council Svenska FSC, u.å. *Vad händer den som bryter mot FSC:s regler?* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://se.fsc.org/9-vad-haender-den-som-bryter-mot-fscs-regler.319.htm> [2015-01-25].

Fortifikationsverket (2013). *Årsfakta 2010*. [Elektronisk]. Eskilstuna: Fortifikationsverket. Tillgänglig: <http://www.fortv.se/sv/om-oss/Publikationer/Arsfakta1/> [2014-05-07].

Fortifikationsverket (2014a). *Hållbarhetsredovisning 2013*. [Elektronisk] Eskilstuna: Fortifikationsverket. Tillgänglig: <http://www.fortv.se/aktuellt/Aktuellt1/Hallbarhetsredovisning-2013/> [2014-05-08].

Fortifikationsverket (2014-04-14b). *Naturvård*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.fortv.se/sv/fastighetsforvaltning/Vara-fastigheter/Skog/Mark--Natur/> [2014-04-23].

Försvarsmakten (2013). *Komplettering till beslut om och redovisning av; Försvarsmaktens intressen och riksintressen för totalförsvarets militära del enligt kap 3 9§ miljöbalken, HKV 2010-02-14 13920:50775, inklusive revidering 2013 av lista över riksintressen och intressen för* (Beslut 13920:62366). Stockholm: Försvarsmakten.

Gurnell, A. M. (2003). Wood Storage and Mobility. I: Gregory, S. V., Boyer, K. L. & Gurnell, A. M. (red), *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, ss. 75-92.

Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, K. JR. & Cummins, K. W. (1986). Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*, Vol. 15, ss. 133-302.

Henrikson, L. (2000). *Skogsbruk vid vatten*. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Hogan, D. L., Bird, S. A. & Hassan, M. A. (red.) (1998). Classification and Assessment of Small Coastal Stream Channels. I: Hogan, D. L., Tschaplinski, P. J. & Chatwin, S. (red). *Carnation Creek and Queen Charlotte Islands Fish/Forestry Workshop: Applying 20 Years of Coast Research to Management Solutions*. Victoria, B.C.: British Columbia Ministry of Forests Research Branch, ss. 189-200.

Holmström, H., Sonesson, J., Högbom, L. & Widenfalk, O. (2014-01-27). *Kantzoner mot vatten - nytta och kostnader*. [Elektronisk]. Tillgänglig:

<http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2014/Kantzoner-mot-vatten---nytta-och-kostnader/> [2014-12-04].

Ingemarsson, T. (2012). *Naturvärdesbedömning och klassificering enligt blå målklasser av vattendrag - en utvärdering av metod och lämplighet för skogsbruksplaner*. Mastersuppsats. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap (Examensarbete nr. 188).

Jonsson, B. G. & Kryas, N. (2001). Ecology of Coarse Woody Debris in Boreal Forests: Future Research Directions. *Ecological Bulletins*, Vol. 49, ss. 279-281.

Keller, E. A. & Swanson, F. J. (1979). Effects of large organic material on channel form and fluvial processes. *Earth Surface Processes*, Vol. 4, ss. 361-380.

Kraft, C. E., Schneider, R. L. & Warren, D. R. (2002). Ice storm impacts on woody debris and debris dam formation in northeastern U.S. streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 59, ss. 1677-1684.

Kreutzweiser, D. P., Good, K. P. & Sutton, T. M. (2005). Large woody debris characteristics and contributions to pool formation in forest streams of the Boreal Shield. *Canadian Journal Of Forest Research*, Vol. 35, ss. 1213-1223.

Laudon, H. Hedtjärn, J., Schelker, J., Bishop, K., Sørensen, R. & Ågren, A. (2009). Response of Dissolved Organic Carbon following Forest Harvesting in a Boreal Forest. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, ss. 381-386.

Lawrence, J. E., Resh, V. H. & Cover, M. R. (2013). Large-wood loading from natural and engineered processes at the watershed scale. *River Research and Applications*, Vol. 29, ss. 1030-1041.

Lestander, R. (2014). *En utvärdering av de skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi*. Mastersuppsats. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel (Examensarbete 2014:8).

Lienkaemper, G. W. & Swanson, F. J. (1987). Dynamics of large woody debris in streams in old-growth Douglas-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research (Revue canadienne de recherche forestière)*, Vol. 17, ss. 150-156.

Lindegren, C., 2006. *Kantzönens ekologiska roll i skogliga vattendrag: en litteraturöversikt*, Jönköping: Skogsstyrelsen (Rapport 2006:19).

Länsstyrelsen Kalmar. (2014). *Vattenkartan*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.viss.lansstyrelsen.se/MapPage.aspx> [Använd 2014-09-24].

Länsstyrelsen Västernorrland. (2014). *Svensk vattenförvaltning/vattendirektivet*. [Elektronisk] (Rapport 2014:14)
Tillgänglig: <http://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/Sv/miljo-och-klimat/vatten-och->

vattenanvandning/svensk-vattenforvaltning-vattendirektivet/Pages/default.aspx
[2014-04-23].

Löfmarck, A. & Svensson, M. (2014). *Samhällsekonomisk värdering av rent vatten- Fallstudier av Vombsjön och Mälaren*. [Elektronisk]. Bromma: Svenskt Vatten Utveckling. Tillgänglig: http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2014-14.pdf [2015-01-25]

Marston, R. A. (1982). The Geomorphic Significance of Log Steps in Forest Streams 1. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 72, ss. 99-108.

Martikainen, P., Siitonen, J., Punttila, P., Kaila, L. & Rauh, J. (2000). Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation*, Vol. 94, ss. 199-209.

McDade, M. H., Swanson, F. J., McKee, W. A. & Franklin, J. F. (1990). Source distance for coarse woody debris entering small streams in western Oregon and Washington. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 20, ss. 326-330.

McHenry, M. L., Shott, E., Conrad, R. H. & Grette, G. B. (1998). Changes in the quantity and characteristics of large woody debris in streams of the Olympic Peninsula, Washington, U.S.A. (1982-1993). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 55, ss. 1395-1407.

Miljödepartementet (1993). *Om en ny skogspolitik* (Regeringens proposition 1992/93:226). Stockholm: Regeringskansliet.

Miljödepartementet (2001). *Svenska miljömål- delmål och åtgärdsstrategier* (Regeringens proposition 2000/01:130). Stockholm: Regeringskansliet.

Montgomery, D. R., Buffington, J. M., Smith, R. D., Schmidt, K. M. & Pess, G. (1995). Pool spacing in forest channels. *Water resources research*, Vol. 31, ss. 1197-1105.

Montgomery, D. R., Collins, B. D., Buffington, J. M. & Abbe, T. B. (2003). Geomorphic Effects on Wood in Rivers. I: Gregory, S. V., Boyer, K. L. & Gurnell, A. M. (red), *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, ss. 21-48.

Murphy, M. L. & Koski, K. V. (1989). Input and Depletion of Woody Debris in Alaska Streams and Implications for Streamside Management. *North American Journal of Fisheries Management*, Vol. 9, ss. 427-436.

Naiman, R. J., Balian, E. V., Bartz, K. K., Bilby, R. E. & Latterell, J. J. (2002). Dead wood dynamics in stream ecosystems. I: Laudenslayer, W. F., Shea, P. J., Valentine, B. E., Weatherspoon, C. P. & Lisle, T. E. (red). *Proceedings of the Symposium on the Ecology and Management of Dead Wood in Western Forests*. Albany, California: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, ss. 23-48.

Naturvårdsverket. (2007). *Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon: en handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp: handbok för tillämpning av 4 kapitlet 1-4 och 7 §§ förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön samt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2008:1) och allmänna råd om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten*. 1 utg. Stockholm: Naturvårdsverket (Handbok 2007:4).

Naturvårdsverket. (2012). *Sammanställd information om Ekosystemtjänster*, u.o.: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket. (2014). *Miljömål- Levande skogar*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=286&pl=1> [2015-01-06].

Nilsson, C., Lepori, F., Malmqvist, B., Törnlund, E., Hjerdt, N., Helfield, J., M., Palm, D., Östergren, J., Jansson, R., Brännäs, E. & Lundqvist, H. (2005). Forecasting Environmental Responses to Restoration of Rivers Used as Log Floatways: An Interdisciplinary Challenge. *Ecosystems*, Vol. 8, ss. 779-800.

Nilsson, C. (red). (2007). *Återställning av älvar som använts för flottning: en vägledning*. Stockholm: Naturvårdsverket (Rapport 5649).

Nilsson, P., Cory, N. & Wulff, S. (red.) (2014). *Skogsdata 2014: [aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen] 2014 [Tema: Biologisk mångfald*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet.

Nordin, P.-O., 2012. *NPK+ och Blå målklassning- indikatorer på vattenkvalitet?* Mastersuppsats. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel (Rapport 2012:16).

Nyberg, P. & Eriksson, T. (2001). *Skyddsridåer längs vattendrag (SILVA): SILVA-projektet har genom ett tvärvetenskapligt arbete under 1995-2000 studerat hur skogsbruk bör bedrivas utmed vattendrag för att minimera effekter på vattendraget*. Örebro: Fiskeriverket.

Näslund, I. (1999). *Fiske, skogsbruk och vattendrag: nyttjande i ett uthålligt perspektiv: erfarenheter från forskning i Ammeråns dalgång*. Kälarne: Fiskeriverkets försöksstation.

Pascoal, C., Cássio, F., & Gomes, P. (2001). Leaf breakdown rates: a measure of water quality? . *International Review of Hydrobiology*, Vol. 86, ss. 407-416.

Pitlick, J. (1995). Sediment Routing in Tributaries of the Redwood Creek Basin, Northwestern California. I: Nolan, K. M., Kelsey, H. M. & Marron, D. C. (red). *U.S. Geological Survey Professional Paper. Geomorphic Processes and Aquatic Habitat in the Redwood Creek Basin, Northwestern California*. Washington: United States Printing Office, ss. K1-9.

Riksskogstaxeringen. (2014). *Fältinstruktion 2014. Riksinventeringen av skog*, Umeå: SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och Institutionen för mark och miljö.

Riksskogstaxeringen. (u.å). *Beståndstyp*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www-taxwebb.slu.se/Taxwebb/TabellForm/jsp/jsp3/VariabelDef.jsp?varID=13> [2014-11-12].

Ring, E. (2008). *Skogsbruk och vatten: en kunskapsöversikt = Forestry and water : a review*. Uppsala: Skogforsk.

Ringvall, A., Fridman, J., Lämås, T. & Ståhl, G. (2000). Inventering av död ved : några objektiva inventeringsmetoder. *FAKTA SKOG – Rön från Sveriges lantbruksuniversitet*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet (nr 1).

Robinson, E. G. & Beschta, R. L. (1990a). Characteristics of coarse woody debris for several coastal streams of southeast Alaska, USA. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 47, ss. 1684-1693.

Robison, E. G. & Beschta, R. L. (1990b). Coarse woody debris and channel morphology interactions for undisturbed streams in southeast Alaska, U.S.A. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 15, ss. 149-156.

Salomonsson, E. (2009). *Död ved i gallrad skog och nyckelbiotoper en jämförelse av habitatkvaliteter för vedlevande lavar och mossor = Dead wood in thinned forests and key habitats : a comparison of habitat qualities for wood inhabiting lichens and bryophytes*. Masteruppsats. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi (2009:17).

Samuelsson, J. & Ingelög, T. (1996). *Den levande döda veden : bevarande och nyskapande i naturen*. Uppsala: Artdatabanken.

Sedell, J. R. & Luchessa, K. J. (1982). Using the historical record as an aid to salmonid habitat enhancement. I: Armantrout, N. B. (red). *Acquisition and utilization of aquatic habitat inventory information. Portland, Oregon 28-30 October 1981*. Bethesda, Maryland, USA: The Western Division, American Fisheries Society, ss. 210-223.

SFS 2004:660. *Förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön*. Stockholm: Miljödepartementet.

Skogsindustrierna. (2013). *Levande skogar- Om skogsindustrins arbete för skogen, människan och den biologiska mångfalden*. [Elektronisk], Stockholm: Skogsindustrierna (Uppföljningsrapport 2013). Tillgänglig: <http://www.skogsindustrierna.org/om-skogsindustrierna/publikationer/skrifter/kimat-och-miljo/levande-skogar> [2015-01-08]

Skogsstyrelsen. (2008). *Fördjupad utvärdering av Levande skogar*, Jönköping: Skogsstyrelsen (Meddelande 2007:4).

Skogsstyrelsen. (2011). *Uppdragsspecifikation Vattenförvaltning 2015*, u.o.: Skogsstyrelsen.

- Skogsstyrelsen. (2014a). *Kantzoners funktion 20140220*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skota-skog-/God-miljohansyn/Faktablad/> [2015-01-24].
- Skogsstyrelsen. (2014b). *Skogsvårdslagstiftningen: Gällande regler 1 september 2014*, Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Skogsstyrelsen (2014c). *4.02 Volym hård död ved, 1996-*. [Elektronisk]. Tillgängligt <http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Amnesomraden/Tillstandet-i-skogen/Tabeller--figurer/> [2015-01-08].
- SLU Artdatabanken (2014a). *Artfakta*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.artfakta.se/GetSpecies.aspx?SearchType=Advanced> [2014-06-15].
- SLU Artdatabanken (2014b). *Musselportalen*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.musselportalen.se/> [2014-09-24].
- Start, D. & Hovland, I. (2004). *Tools for Policy Impact: A Handbook for Researchers*. [Elektronisk]. London, Storbritannien: Overseas Development Institute. Tillgänglig: <http://preval.org/documentos/ma0022.pdf> [2014-04-01]
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions*, Vol. 38, ss. 913-920.
- Sveriges Riksdag. (2010). Riksdagsskrivelse 2009/10:377. Stockholm: Sveriges Riksdag
- Swanson, F. J. & Lienkaemper, G. W. (1978). *Physical consequences of large organic debris in Pacific northwest streams*. Portland, Oregon, Northwest Forest and Range Experiment Station, U.S. Dept.of Agriculture, Forest Service.
- Swanson, F. J., Lienkaemper, G. W. & Sedell, J. R. (1976). *History, physical effects, and management implications of large organic debris in western Oregon streams*. Portland, Oregon, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service.
- Sørensen, R., Ring, E., Meili, M., Högbom, L., Seibert, J., Grabs, T., Laudon, H. & Bishop, K. (2009). Forest Harvest Increases Runoff Most during Low Flows in Two Boreal Streams. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, ss. 357-363.
- Toews, D. A. A. & Brownlee, M. J. (1981). *A handbook for fish habitat protection on forest lands in British Columbia*. Vancouver, B.C: Land Use Unit, Habitat Protection Division, Field Services Branch, Department of Fisheries and Oceans.
- Törnlund, E. & Östlund, L. (2002). Floating Timber in Northern Sweden: The Construction of Floatways and Transformation of Rivers. *Environment and History*, Vol. 8, ss. 85-106.

Världsnaturfonden. (2014). *Levande skogsvatten*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.wwf.se/vrt-arbete/vtmarkerstvatten/1129173-levande-skogsvatten> [2015-02-04].

Welty, J. J., Beechie, T., Sullivan, K., Hyink, D. M., Bilby, R. E., Andrus, C. & Pess, G. (2002). Riparian aquatic interaction simulator (RAIS): a model of riparian forest dynamics for the generation of large woody debris and shade. *Forest Ecology and Management*, Vol. 162, ss. 299–318.

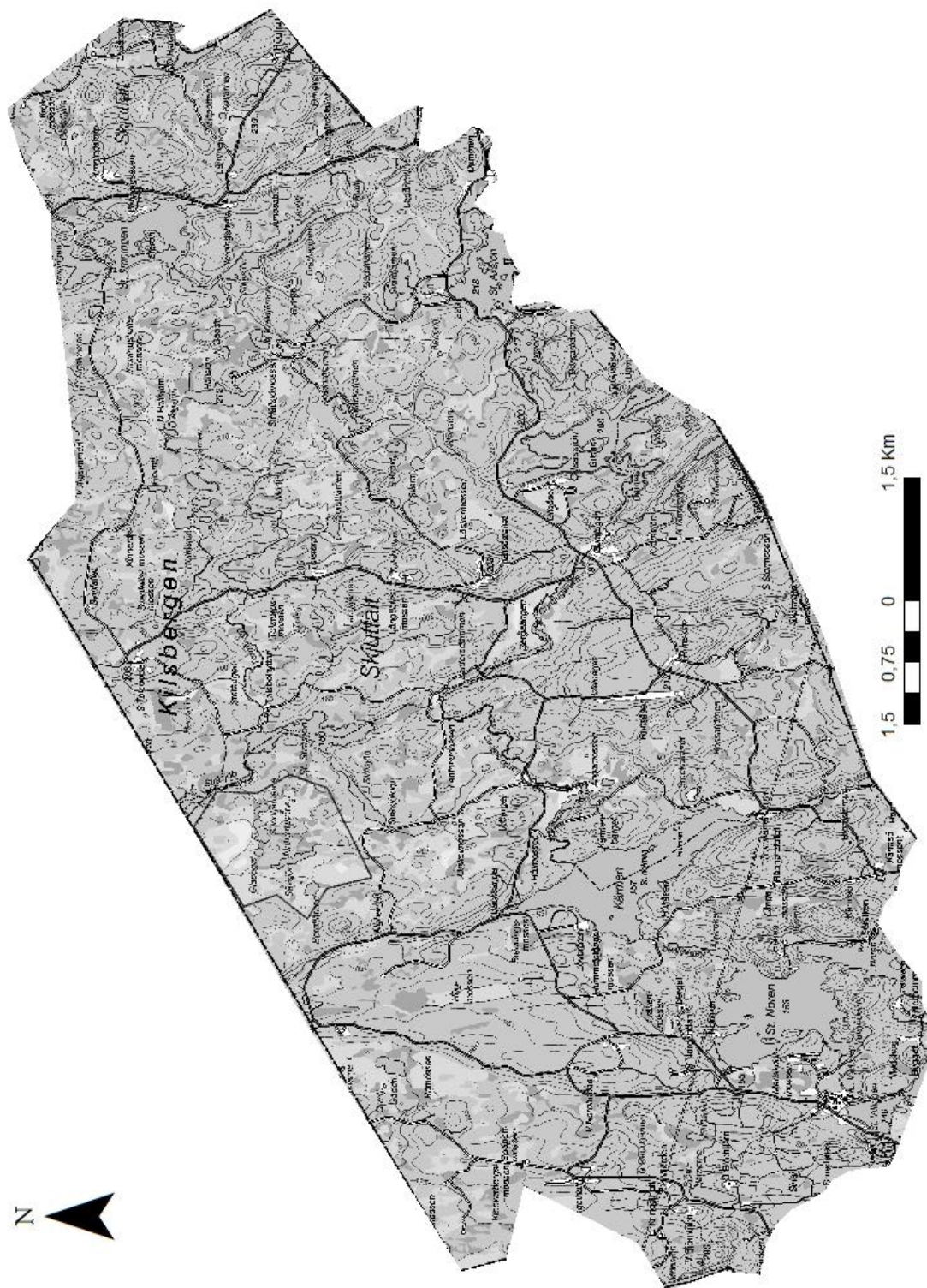
Muntliga källor

Engdahl Wevel, R. (2014-10-30). Produktionsledare drivning och leverans, Holmen Skog.

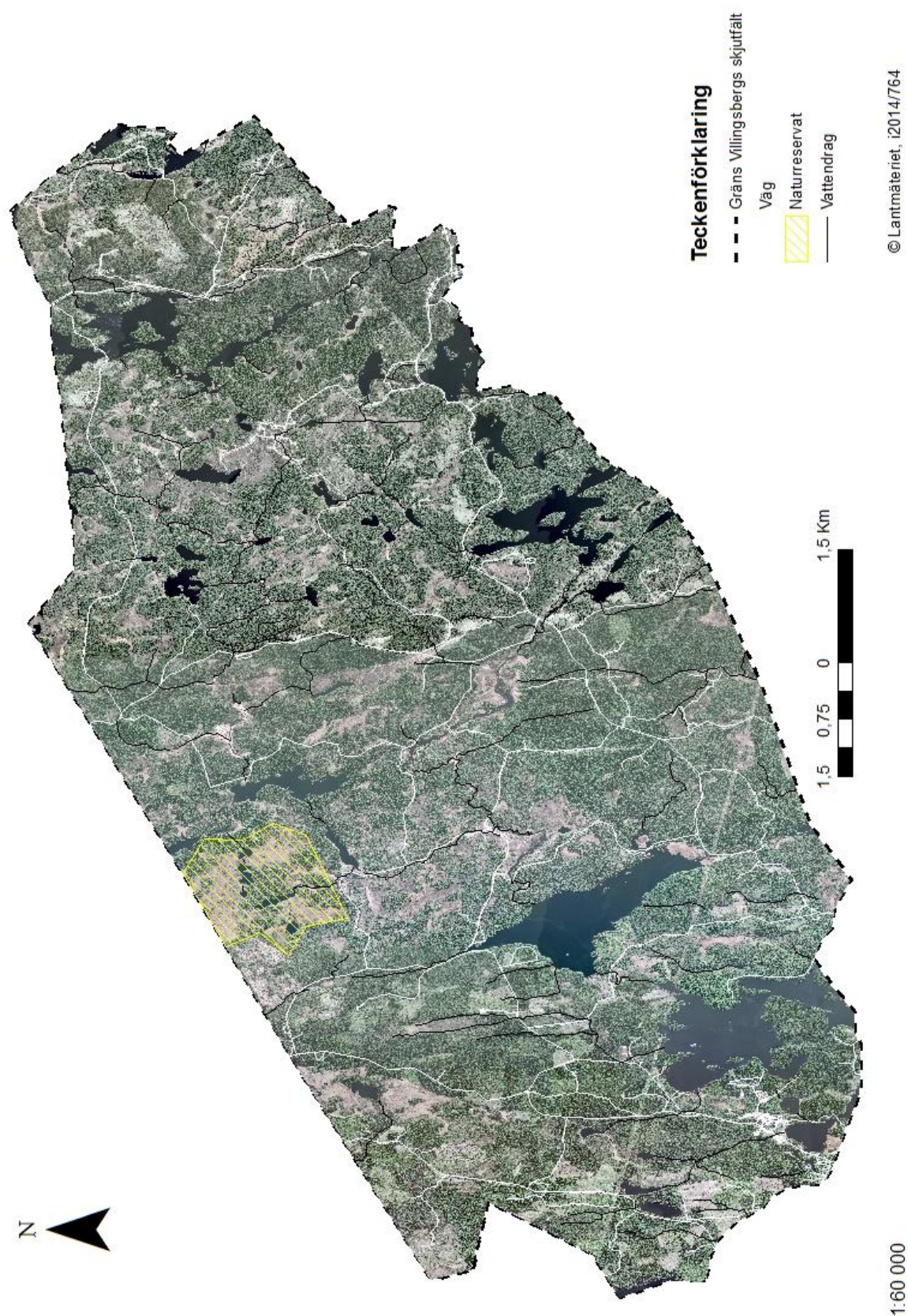
Källor foton

Samtliga foton i detta arbete har tagits av Julia Ingelmark sommaren 2014.

Bilaga 1. Terrängkarta över Villingsbergs skjutfält



Bilaga 2. Ortofoto över Villingsbergs skjutfält



Bilaga 3. Fältblankett för inventering av LWD

Strömordning:	Provpunkt:	Datum:
Vattendrag:		

LWD (> 1m lång, < 10cm i diameter) i vatten (st)		LWD i Kantzon (st)	
Stående död ved	Liggande död ved	Stående död ved	Liggande död ved

Trädslagsfördelning (m ³ /ha)		
Tall	Gran	Lövträd

[illegible]

*Där 1 = Hård död ved, 2 = Något nedbruten död ved, 3 = Nedbruten död ved, 4 = Mycket nedbruten död ved.

Bilaga 4. Fältblankett för inventering av vattendragsegenskaper

Transektprotokoll för tidsserievattendrag (IKEU- och NMÖV-vattendrag)

Vattendrag:		Vattendragskoordinater X:		Y:		Datum:	
Lokalnamn/nr:		Lokalkoordinater		X:		Y:	
Lokalens längd (m):		Avfäskad bredd (m):		Avfäskad yta (m²):		Utförare (namn och tel.):	
Vattennivå (L/M/H):		Lokalens medelbredd (m):		Torrlagd yta (%):			
Vattennivå (±dm):		Lokalens medelarea (m²):					

Transekt nummer	Avstånd (m) från lokalens nedre avgr.	Vattenfårens våta bredd (m)	Mätning av vattenfårens djup (cm)				Dominerande bottensubstrat (ange kod)			
			1/4 bredd	1/2 bredd	3/4 bredd	3/4 bredd	1/4 bredd	1/2 bredd	3/4 bredd	
1	0									
2	5									
3	10									
4	15									
5	20									
6	25									
7	30									
8	35									
9	40									
10	45									
11	50									
12	55									
13	60									
14	65									
15	70									
16	75									
17	80									
18	85									
19	90									
20	95									
21	100									
Vattendragets våta medelbredd (m):			Medeldjup (m):							
Minvålbredd (m):			Maxdjup (m):							
Maxvålbredd (m):										

Bottensubstrat (förklaring)		Sand		Grus		Mindre sten		Större sten		Mindre block		Medelstora block		Större block		Häll	
Partikeldiameter (cm)	Kod	0.02 - 0.2	0.2 - 2	2 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 200	200 - 2000	2000 - 5000	5000 - 10000	10000 - 20000	20000 - 50000	50000 - 100000	100000 - 200000	200000 - 500000	>500000
Fin	FIN																
Medel	MED																
Stor	STOR																
Dom. Substrat (D1 - D3)																	
Förekomst (0 - 3)																	

BOTTENSUBSTRAT	
KOD	FREKVEN
1	FIN
2	SAND
3	GRUS
4	STEN1
5	STEN2
6	BLOCK1
7	BLOCK2
8	BLOCK3
9	HÄLL

Instruktion för tabell nedan	
Dominerande substrat:	=D1
Subdominerande substrat1:	=D2
Subdominerande substrat2:	=D3
Förekomst klassas 0 - 3 (se nedan)	

0 = Saknas 1 <= 5% 2 = 5-50% 3 >= 50%	

Bilaga 5. Fältblankett för NPK+ och Blå målklassning



NPK+ – Bedömning av Naturvärde, Påverkan och Känslighet samt Plusvärde i vattendrag

Fältprotokoll 2011-08-10

Datum:	Inventerare:		
Vattendragets namn			
Avrinningsområde (SMHI)	Huvud- & delaro	nr + namn	
Inventerad sträcka (m)			
Koordinater nedre	X		Y
Koordinater övre	X		Y
Medelbredd (uppskattad i < 1 m, <3 m, <6 m, > 6 m)	Dominerande bottenstrukt:		

Markera med x vid förekomst!

N 1. NATURVÄRDEN – Vattendraget

Stor variation i vattendraget	Huvudsakligen slingrande eller meandrande lopp, stor variation i djup och bredd samt förekomst av sand/grus och sten/block
Död ved i vatten	Mer än 7 bitar per 100 m - minst 1 m långa och 10 cm Ø
Ström- eller forssträcka	Längre än 10 ggr medelbredden
Blockrik sträcka	Stora block >0,5 m Ø, sträckan längre än 10 ggr medelbredden
Poäng; 0 - 4	Ett x ger poängen 1 etc.

N 2. NATURVÄRDEN – Speciella biotoper och arter

Naturligt vattenfall	90° fall, > 1 m fallhöjd, utgör ofta naturligt vandringshinder
Kvillområde	Vattendraget uppdelat i minst 3 fåror, > 10 m långa, med vatten hela året
Sjöinlopp eller sjöutlopp	Ej reglerat, sänkt eller omgrävt
Värdearter	Rödlistade arter (ska normalt vara känt innan inventeringen) eller god förekomst eller föryngring av stormusslor och laxfiskar
Poäng; 0 - 4	Ett x ger poängen 1 etc.

N 3. NATURVÄRDEN – Kantzon

Kantzon finns på >75%	Kantzon med avseende på beskuggning
Naturlig trädslagsblandning	Relativt ståndorten, utan mänsklig påverkan/brukande
Äldre kantzon	I normal slutavverkningsålder, producerar död ved m.m.
Översvämningszon eller permanent utströmningsområde eller källa	Återkommande översvämmad strandzon; avläses på bar mark, vegetation, stenar och träd. Ett stort eller flera tydliga objekt längs sträckan.
Poäng; 0 - 4	Ett x ger poängen 1 etc.

SUMMA NATURVÄRDE

P 1. PÅVERKAN – Vattendraget

Ej rensat och/eller rätat	<u>Ej rensat</u> : Vattendrag med naturlig förekomst av block, sten och grus. <u>Ej rätat</u> : Vattendrag naturligt slingrande – ej rätade, ej sänkta
Ingen igenslamning	Normal mängd finpartikulärt material samlat på grus- och sandbottnar
Ingen reglering och/eller inget vattenuttag	<u>Ingen reglering</u> : ingen förekomst av ett eller flera dämmen, oftast med regleringsanordning. <u>Inget vattenuttag</u> : inga slangar, pumpar etc. i och längs med vattendraget.
Inga vandringshinder	Inga dammar, vägtrummor el. andra artificiella hinder för fisk och bottenfauna
Poäng; 0 - 4	Ett x ger poängen 1 etc.

P 2. PÅVERKAN – Kantzon

Funktionell kantzon	Ekologiskt funktionell kantzon. Inga omfattande skador på kantzonen. Högst 25 % av sträckan får vara påverkad.
Inga mynnande diken	Inga diken som mynnar direkt i vattendraget, utan översilning eller slamgrop
Inga markskador	Inga gamla eller nya markskador (körskador, markberedning) i eller längs med vattendraget som kan ha påverkat bäcken

Inga vägar		Ingen enskild eller allmän väg korsande eller inom 10 m från vattendraget
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>
P 3. PÅVERKAN – Vattenkvalitet		
Klart vatten		Normalt grumlat och/eller färgat vatten
Ingen omfattande förorening		Ska normalt vara känt innan inventeringen
Ingen omfattande övergödning		Inga stora mängder vegetation, t.ex. grönslick och/eller bladvass i vattendraget
Inga punktkällor		Ingen dränering från jordbruk, inga rör från avlopp eller dagvatten som mynnar i vattendraget
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>
SUMMA PÅVERKAN		.

K. KÄNSLIGHET		
Erosionsbenägna jordarter		Grovsand och finare el moig morän och finare jordarter samt torv i närområdet
Stor lutning mot vattendraget		Mer än 5 m lutning på 30 m ned mot vattendraget
Blöt-fuktig kantzon		Risk för att körskador kan uppstå längs med och i vattendraget
Källa eller utströmnings-område i närområdet		Källa, översilad mark eller ytligt grundvatten i angränsande bestånd
SUMMA KÄNSLIGHET		<i>Ett x ger 3 poäng, 2 x ger 6 p, etc.</i>

+ PLUSVÄRDE		
Kultur- och/eller fornlämning		Intakta kvarnar, stenfundament, flottledsanordningar, stenbroar m.m.
Naturskyddat område Rekreatiomsområde		Naturresevat, ekopark etc. Populärt rekreatiomsområde t.ex. stigar, rastplatser, skyltar eller anordningar för sportfiske eller välbesökt fiskevatten
Restaureringsåtgärder		Kalkning, öppnade vandringsvägar etc.
Intressanta arter		Arter som t.ex. bäver, vissa fiskarter, vissa fågelarter, vissa växter
SUMMA PLUSVÄRDE		<i>Ett x ger 3 poäng, 2 x ger 6 p, etc.</i>

Punktobjekt (vattenanknutna):	x:	y:	Typ:	Åtgärd:

Allmän beskrivning och kommentarer

Ge en övergripande bild av vattendraget samt notera andra förutsättningar som kan påverka N, P, K eller +.

Slutbedömning

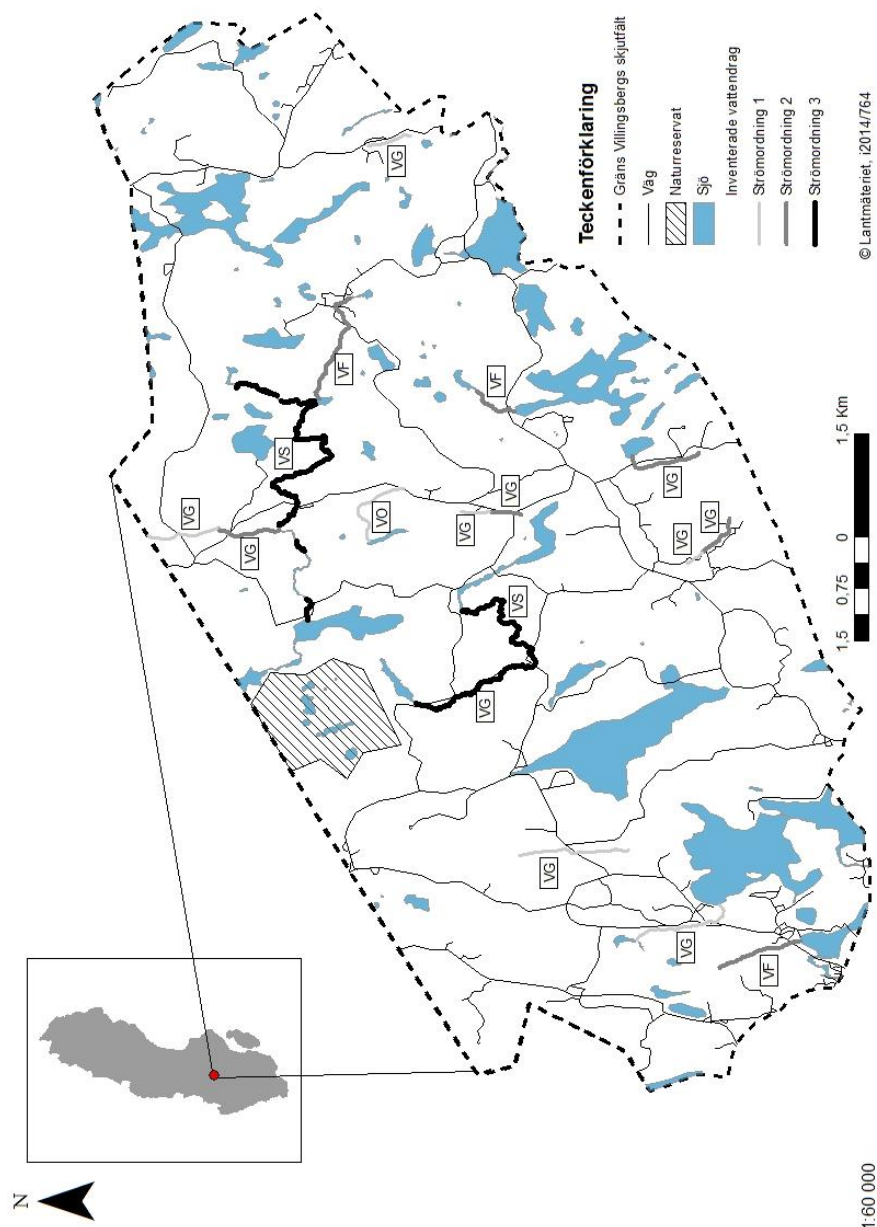
	Naturvärde			Påverkan			Känslighet	Plusvärde	NPK+	Blå målklass (VG, VF, VS, VO)
	N1	N2	N3	P1	P2	P3				
RESULTAT										
SUMMA										
BEDÖMNING*										
*Naturvärde:	Lågt naturvärde			0–2			Måttligt naturvärde	3–6		Högt naturvärde 7–12
*Påverkan:	Hög påverkan			0–2			Måttlig påverkan	3–6		Låg påverkan 7–12
*Känslighet:	Låg känslighet			0			Måttlig känslighet	3–6		Hög känslighet 7–12
*Plusvärde:	Lågt plusvärde			0			Måttligt plusvärde	3–6		Högt plusvärde 7–12

Åtgärder enligt målklass

Ge förslag på åtgärder som behövs för att förbättra N, P, K eller +.

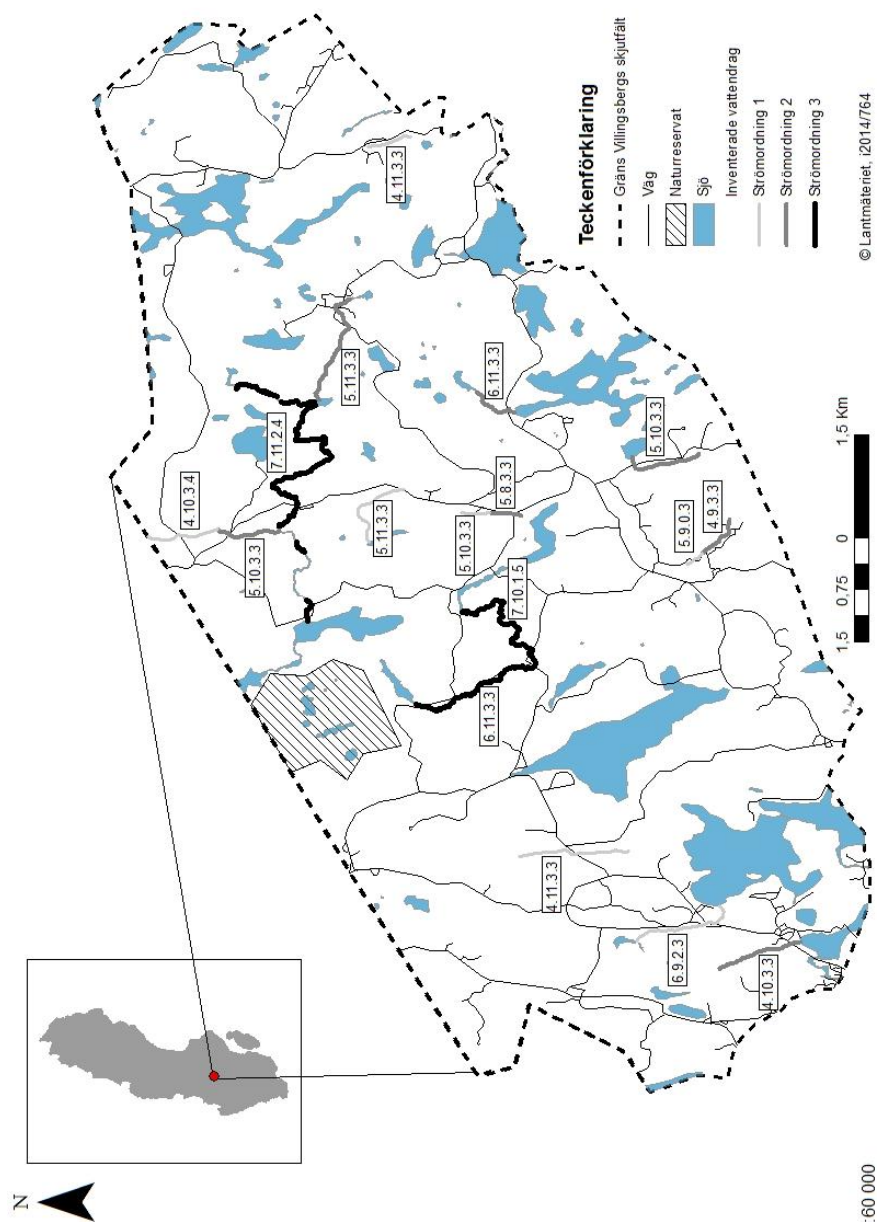
Bilaga 6. Resultat Blå målklassning

Karta över Villingsberg skjutfältet med de inventerade vattendragen samt dess Blå målklassning utmarkerade för dessa. De Blå målklasserna är: VG (Vattenmiljö med generell hänsyn), VF (Vattenmiljö med förstärkt hänsyn), VS (Vattenmiljö med särskilda åtgärder) och VO (Vattenmiljö som lämnas orörd).



Bilaga 7. Resultat NKP+

Karta över Villingsberg skjutfältet med de inventerade vattendragen samt medelvärdet av NPK+ poängen utmarkerade för dessa. NPK+ poängen redovisas i formatet [Naturvärde. Påverkan. Känslighet. Plusvärde] där poängen kunde variera mellan 0-12 per kategori.



SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2014:14 Författare: Caroline Haglund
Lövskogsmålen i FSC-certifierat skogsbruk – tolkning, uppföljning och skötseldirektiv
- 2014:15 Författare: Ragna Wennström
LandPuck™-systemets ekonomiska konkurrenskraft jämfört med tallplantering i norra Sverige
- 2014:16 Författare: Anton Ahlström
När cykelstigen kom till byn. En fallstudie i Arvidsjaurs kommun
- 2014:17 Författare: Andreas Brihem
Fältskiktsvegetationen 30 år efter beståndsanläggning – effekter av olika nivå på skogsskötselintensitet
- 2014:18 Författare: Daniel Regemar
Förutsättning för prediktion av NPK+, Blå målklass och vattenkemi utifrån GIS-analys?
- 2014:19 Författare: Shu Yao Wu
The effects of soil scarification on humus decomposition rate in forests in British Columbia, Canada
- 2014:20 Författare: Wolfgang Nemec
The growth dynamics of Douglas fir in Sweden and Finland – Application of the 3-PG stand growth model
- 2014:21 Författare: Jennifer McGuinness
Effect of planting density and abiotic conditions on yield of *Betula pendula* and *Pinus sylvestris* seedlings in monoculture and mixture
- 2014:22 Författare: Emil Mattsson
Zonerat skogsbruk – en möjlighet för Sverige
- 2014:23 Författare: Emma Borgstrand
Plantors och trädts tillväxt efter schackrutehuggning och i konventionellt trakthyggesbruk
- 2014:24 Författare: Fredrik Eliasson
Förutsättningar för virkesinriktad skogsodling med inhemska trädslag i Peru
- 2014:25 Författare: Torun Bergman
Markanvändning och ekosystemtjänster i en gradient från borealt till alpint landskap – Vilhelmina Model Forest
- 2014:26 Författare: Molly Nord Gårdman
Enskilda privata skogsägares inställning till skogsgödsling i Västerbottens län
-
- 2015:1 Författare: Anders Henriksson
Kan markfuktighetskartor användas för att hitta skogsmark med hög bonitet? – Ett GIS-baserat försök med DTW-index och laserskannad övre höjd
- 2015:2 Författare: Louise Magnusson
Markberedning i blockrik terräng – En jämförelse mellan grävmaskin och harv

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se